

В. В. Фролов

Язык радиосхем

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1114

В. В. Фролов

Язык радиосхем

Издание второе,
переработанное и дополненное

Москва
«Радио и связь» 1988

ББК 32.85
Ф 91
УДК 621.396.6:6

Фролов В. В.

Ф91 Язык радиосхем. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1988. — 128 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1114).

ISBN 5-256-00086-1.

Цель книги — помочь людям, начинающим заниматься радиотехникой и электроникой, научиться понимать язык современных электрических схем. В книге рассказывается об основных видах и правилах построения электрических схем, используемых в них условных графических обозначениях, приводятся краткие сведения об устройстве и назначении различных радиодеталей и устройств. Первое издание книги вышло в 1979 г.

Книга может быть полезна радиолюбителям и специалистам, так как в ней нашли отражение Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации ЕСКД.

Ф $\frac{2402020000-013}{046(01)-88}$ КБ-27-12-87 **ББК 32.85**

Научно-популярное издание

ФРОЛОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

ЯЗЫК РАДИОСХЕМ

Руководитель группы МРБ И. Н. Суслова. Редактор Т. В. Жукова.
Художественный редактор Н. С. Шеин. Технический редактор З. Н. Ратникова.
Корректор Н. Л. Жукова

ИБ № 1490

Сдано в набор 15.05.87 Подписано в печать 12.05.88 Т-08735
Формат 60×90 1/16 Бумага газетная Гарнитура литературная
Печать офсетная Усл. печ. л. 8,0 Усл. кр.-отт. 8,375 Уч.-изд. л. 10,46
Тираж 600 000 экз. (1 завод 1—250 000 экз., изд. «Прейскурантиздат»)
Изд. № 21704/1727 Зак. № 982 Цена 75 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Отпечатано в тип. Прейскурантиздата.
125438, Москва, Пакгаузное шоссе, 1

ISBN 5-256-00086-1

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Вторую половину двадцатого столетия часто называют эпохой радиоэлектроники. Действительно, в наши дни нет такой отрасли народного хозяйства, науки и культуры, где бы радиоэлектронные средства не нашли самого широкого применения.

Интенсивное проникновение радиоэлектроники во все сферы человеческой деятельности привело к тому, что с электронными приборами сталкиваются люди всех профессий и специальностей, а пользоваться радиоприемником, телевизором или магнитофоном в наши дни умеют даже дети дошкольного возраста. Но одно дело научиться правильно пользоваться тем или иным радиоэлектронным прибором, и совсем другое — уметь при необходимости отремонтировать его, усовершенствовать или сконструировать радиоприемник, усилитель или другое радиоустройство. Здесь уже надо знать назначение радиоэлементов, из которых строятся такие устройства, и способы соединения их между собой для получения нужных результатов, представлять протекающие в них процессы. Об этом можно прочитать в сотнях книг по радиотехнике и электронике, издающихся в нашей стране. Однако чтобы читать эти книги, надо знать язык электрических схем.

Электрические схемы — это чертежи, на которых составные части приборов (отдельные электро- и радиоэлементы или целые группы элементов, выполняющие самостоятельные функции) и связи (соединения) между ними показаны условно. В зависимости от назначения электрические схемы делятся на структурные, функциональные, принципиальные и др.

Наиболее полное представление о принципе действия радиоэлектронного прибора дает электрическая принципиальная схема. На ней все электро- и радиоэлементы — эти «кирпичики», из которых строят все радиоэлектронные приборы, — изображены в виде специальных условных знаков — символов. Система символов, называемых условными графическими обозначениями, образует своеобразную азбуку электрических схем.

Системы символов применяют во многих отраслях науки, техники и культуры. Так, в химии символами обозначают химические элементы и связи между ними в молекулах, в географии — населенные пункты, дороги, государственные границы и многое другое, в музыке — звуки, их характер и т. д.

Но в радиотехнике и электронике условные графические обозначения играют, пожалуй, наибольшую роль. Например, чтобы разобраться в устройстве фотоаппарата или подъемного крана, достаточно иметь их сборочные чертежи с необходимым числом разрезов и чертежи некоторых деталей. Подобные чертежи (например, сборочные и электромонтажные) применяют и в радиотехнике, чтобы показать расположение деталей на монтажной плате или панели прибора, способы их крепления и соединения (провода, кабели, жгуты). Однако составить представление о принципе действия приборов по этим чертежам нельзя. Для этой цели предназначены электрические схемы, на которых, как уже говорилось, радиодетали, целые группы их и все электрические соединения обозначены условно.

Появились электрические схемы не сразу. На заре развития радиотехники для изображения устройства того или иного радиоаппарата рисовали все его детали и соединения между ними с натуры. С годами радиоприборы становились сложнее, и изображать их устройство таким способом стало просто не-

возможно. Рисунки отдельных деталей стали упрощать, опуская второстепенные подробности, но сохраняя и подчеркивая основную их идею. Так, катушку индуктивности, представляющую собой изолированный провод, намотанный на каркас из изоляционного материала, стали изображать в виде спиральной линии, конденсатор, в простейшем виде состоящий из двух групп изолированных обкладок, в виде аксонометрического рисунка двух параллельных пластин, а затем — просто двумя параллельными утолщенными черточками и т. д. Для обозначения некоторых радиодеталей предлагалось несколько условных рисунков-символов, но «выжили» из них наиболее простые в начертании, которые хорошо передавали основную идею радиодетали и легко запоминались.

По мере развития радиотехники и электроники становилось все более очевидным, что для правильного и однозначного чтения электрических схем нужна единая система условных графических обозначений. Отсутствие такой системы затрудняло обмен информацией как в пределах страны, так и между специалистами разных стран. Инициаторами создания таких систем условных обозначений выступили производственные предприятия, технические журналы и издательства, которые стали разрабатывать и внедрять в практику нормативные документы на условные обозначения в схемах. В наши дни работы по стандартизации графических обозначений и правил выполнения схем ведутся во всех промышленно развитых странах специальными организациями.

Развитие международной торговли и научно-технического сотрудничества поставило на повестку дня проведение этих работ и в международном масштабе. Условными графическими обозначениями и правилами выполнения электрических схем занимаются третий технический комитет Международной электротехнической комиссии (МЭК) и постоянная комиссия по стандартизации Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) социалистических стран.

В СССР работы по стандартизации условных графических обозначений и правил выполнения схем начались около сорока лет назад. Основы современной системы обозначений были заложены в междуведомственных нормалях «Система чертежного хозяйства» (МН СЧХ), действовавших в радиоэлектронной промышленности в период с 1952 по 1963 гг. На ряд условных графических обозначений (в основном для элементов электротехнических схем) в 1955 г. был разработан ГОСТ 7624—55. На смену ему пришел более обширный и совершенный ГОСТ 7624—62, введенный в действие в 1964 г. Этот стандарт действовал до 1 января 1971 г., когда была введена Единая система конструкторской документации (ЕСКД), составной частью которой являются Государственные стандарты на условные графические обозначения в схемах и стандарты на правила выполнения схем, обязательные для применения во всех отраслях промышленности.

За прошедшие со времени введения ЕСКД годы многие стандарты обновились (в новых редакциях изменен ряд условных графических обозначений, упрощена графика других, в частности, практически из всех обозначений исключены утолщенные линии и «зачернение» некоторых элементов и т. д.), появились новые стандарты на условные обозначения элементов цифровой и аналоговой техники. Большинство стандартов ЕСКД на условные графические обозначения в схемах соответствуют стандартам СЭВ и рекомендациям МЭК.

В этой книге речь пойдет о единой системе условных графических обозначений в схемах, о принципах их построения, о видах и назначении схем, об основных правилах их построения и чтения.

ВИДЫ СХЕМ

Прежде чем рассматривать различные виды схем, применяемых в радиоэлектронике, целесообразно познакомиться с некоторыми терминами, установленными ГОСТ 2.701—84 для обозначения составных частей радиоэлектронных устройств и приборов. Согласно этому стандарту часть радиоэлектронного прибора, которая выполняет определенную функцию и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, конденсатор, транзистор, интегральная микросхема и т. д.), называют элементом; совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (плата, блок, шкаф и т. п.), — устройством; совокупность элементов, не объединенных в единую конструкцию, но выполняющих совместно определенную функцию в изделии (усилитель, модулятор, генератор и т. п.), — функциональной группой. Любую из названных частей будем называть функциональной частью, если элемент, устройство или функциональная группа выполняют в изделии определенные функции.

Самые общие сведения о радиоэлектронном приборе содержит структурная схема, на которой показаны основные функциональные части прибора, их назначение и взаимосвязи. До введения ЕСКД такие схемы называли скелетными или блок-схемами. В современной технике блоком принято называть часть прибора, выполненную в виде отдельной законченной конструкции. Одни блоки (например, усилитель мощности, блок питания) имеют самостоятельное функциональное назначение, другие (например, блоки, объединяющие в своем составе элементы разных функциональных групп) его не имеют. Следовательно, схемы, показывающие функциональные части, их назначение и взаимосвязи, блок-схемами называть нельзя. Именно поэтому в ЕСКД схемы этого типа названы структурными.

Структурные схемы составляют на первых этапах проектирования радиоэлектронных приборов, когда укрупненно определяются функциональные части, необходимые для решения задач, поставленных в техническом задании на разработку. Этими схемами широко пользуются для общего ознакомления с принципом работы приборов при эксплуатации, а также в технической литературе.

Представим себя на некоторое время в роли проектировщиков, получивших задание разработать простое радиоприемное устройство для уверенного приема на миниатюрный головной телефон передач местных радиостанций. Очевидно, такое устройство должно содержать антенну, колебательный контур для выделения сигналов выбранных радиостанций, детектор для преобразования модулированных радиочастотных колебаний в колебания звуковой частоты, усилитель звуковой частоты с источником питания и, конечно, телефон. Изобразим все названные части приемника в виде квадратов, впишем в них

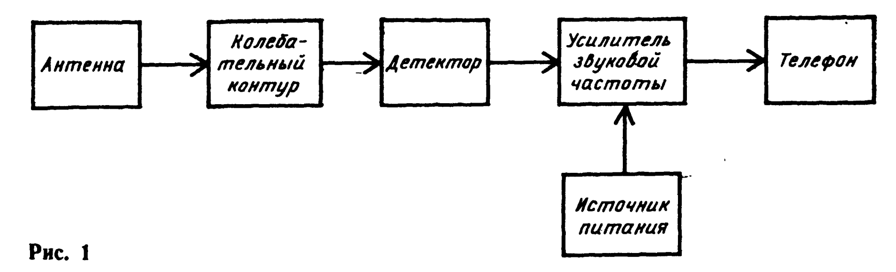


Рис. 1

наименования частей, которые они символизируют, и соединим их прямыми линиями со стрелками, показывающими направление передачи сигнала от одной функциональной части к другой. В результате получим структурную схему приемника, показанную на рис. 1.

Может возникнуть вопрос: почему квадраты, обозначающие части приемника, расположены не в каком-либо ином порядке? Ответ простой: расположение квадратов на схеме соответствует последовательности преобразования сигнала, а чтобы это было наиболее наглядно, все символы, за исключением обозначающего источник питания, расположены в один ряд слева направо. Источник питания непосредственно в преобразовании сигнала не участвует, поэтому его символ помещен под символом усилителя звуковой частоты.

Из структурной схемы приемника видно, что принятые антенной радиочастотные колебания поступают в колебательный контур, где происходит отделение колебаний выбранной радиостанции от других. Из колебательного контура радиочастотный сигнал подается на детектор, в котором он преобразуется в электрические колебания звуковой частоты. Эти колебания усиливаются усилителем звуковой частоты и поступают в телефон, где преобразуются в звуковые колебания. Усилитель питается от источника питания.

Таким образом, не зная еще, из каких именно элементов будет собран приемник и как они будут соединены между собой, по структурной схеме можно рассказать, конечно в самых общих чертах, о принципе работы устройства, назначении его функциональных частей и их взаимосвязях. Судить же об особенностях функциональных частей и деталях, из которых они состоят, процессах, протекающих в отдельных частях и приемнике в целом, по структурной схеме невозможно. Для этой цели предназначены принципиальные электрические схемы, на которых показаны все элементы радиоэлектронных устройств и все связи между ними.

На рис. 2 приведена принципиальная электрическая схема приемника, структурная схема которого показана на рис. 1. Здесь все элементы приемника изображены условно в виде стандартных графических символов. Небольшой прямоугольник обозначает резистор; прямоугольник большего размера (с разделительными линиями внутри) — интегральную микросхему; две параллельные черточки, а также узкий прямоугольник с черточкой, параллельной его длинным сторонам, — конденсатор; четыре соединенные концами полуокружности — катушку индуктивности и т. д. Характерные особенности условных графических обозначений — их простота и наглядность. При этом символы конденсатора, резистора, полупроводникового диода и других элементов совершенно непохожи друг на друга и, кроме того, отличаются размерами. Обозначения же конденсаторов постоянной и переменной емкости отличаются

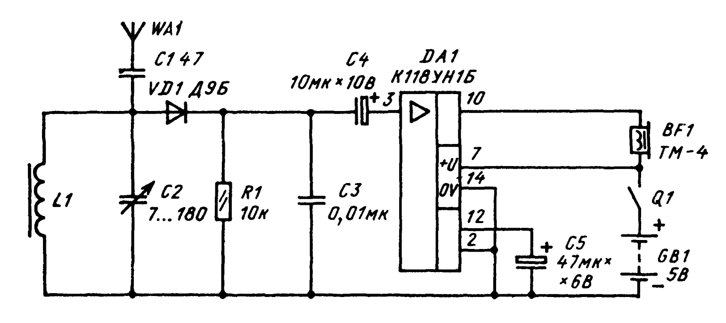


Рис. 2

только тем, что последний перечеркнут наклонной стрелкой, символизирующей регулирование емкости. Особняком стоит символ так называемого оксидного конденсатора, в котором одна из обкладок (анод) обозначена узким прямоугольником со знаком «+» (эта информация необходима, чтобы правильно включить такой конденсатор в электрическую цепь).

Все элементы приемника показаны на схеме с тем числом выводов, которое имеется у реальных деталей, а выводы соединены между собой определенным образом, что позволяет проследить по схеме электрические цепи, понять происходящие в устройстве процессы. Электрические соединения показаны на схеме точками в местах пересечений линий, обозначающих проводники. Рядом с условными графическими обозначениями деталей указаны их позиционные обозначения, состоящие из одной или двух букв латинского алфавита, присвоенных данному виду элементов (R — резистор, C — конденсатор. L — катушка индуктивности, WA — антенна, VD — полупроводниковый диод, DA — интегральная микросхема, BF — телефон, Q — выключатель питания, GB — батарея питания), и цифр, обозначающих номера однотипных элементов по схеме.

Из принципиальной схемы приемника видно, что колебательный контур состоит из соединенных параллельно катушки L1 с ферритовым магнитопроводом (линия, параллельная символу катушки) и конденсатора переменной емкости C2. С антенной WA1 контур соединен через конденсатор C1, с детектором — непосредственно. Продетектированный сигнал через конденсатор C4 поступает на вход микросхемы DA1, выполняющей функции усилителя звуковой частоты. С выхода микросхемы усиленный сигнал подводится к телефону BF1. Конденсатор C5 необходим для получения требуемого усиления колебаний звуковой частоты. Питается микросхема (через выводы с метками +U и 0V) от батареи GB1 через выключатель Q1, контакты которого показаны на схеме в разомкнутом положении. Это одно из правил, которыми руководствуются при составлении схем: их всегда вычерчивают в виде, соответствующем отключенному состоянию приборов.

Из принципиальной схемы можно узнать о типах примененных деталей (диод — Д9Б, микросхема — К118УН1Б, телефон — ТМ-4), сопротивлении резисторов и емкости конденсаторов (указаны рядом с позиционными обозначениями), мощности рассеяния резистора (две наклонные черточки — 0,125 Вт), напряжении батареи питания (5 В), а также о некоторых других особен-

ностях элементов. Так, две полуокружности и параллельная им линия внутри символа телефона указывают на то, что телефон электромагнитный. В то же время на схеме нет сведений о конструкции и размерах элементов. Действительно, чтобы рассматривать процессы, происходящие в приемнике или другом приборе, нет необходимости знать, как, например, выполнена катушка индуктивности (диаметр каркаса, марка провода, однослойная или многослойная намотка и т. п.), какую конструкцию имеет конденсатор переменной емкости, каковы размеры и форма источника питания, резисторов, микросхемы и т. д. Если бы эти сведения указывались на схемах, они только отвлекали бы внимание на ненужные подробности, что в значительной степени затруднило бы пользование схемами.

При разработке конструкций радиоэлектронных приборов руководствуются требованиями удобства пользования ими, удобства монтажа, обеспечения свободного доступа к элементам при настройке и ремонте. Из этих соображений элементы, относящиеся к какому-либо каскаду прибора, размещают в подчас далеко отстоящих одно от другого местах шасси или панели, а элементы разных каскадов — в одном месте. В других случаях размещение элементов диктуется требованием свести к минимуму паразитные связи между ними (например, в многокаскадных усилителях радиочастоты), необходимостью обеспечения минимальных габаритных размеров прибора и т. д.

На схемах условные графические обозначения располагают таким образом, чтобы они давали наиболее наглядное представление о процессах, протекающих в приборе. Для этого взаимодействующие элементы, выполняющие совместно определенную функцию (например, элементы колебательного контура, усилителя звуковой частоты и т. д.), изображают на близком расстоянии один от другого, а функциональные группы располагают в порядке последовательности преобразования сигнала. При этом входные цепи (антенна, колебательный контур) изображают в левой, а выходные (усилитель звуковой частоты, телефон) — в правой частях схемы.

Все электрические связи показывают на принципиальной схеме, как правило, в виде горизонтальных и вертикальных линий, при этом условные графические обозначения располагают так, чтобы эти линии были по возможности более короткими и не пересекались. Таким образом, расположение условных графических обозначений элементов на принципиальной схеме ни в какой мере не может отражать их размещения в приборе и подчинено только требованию удобства чтения схемы.

Принципиальные схемы используют при изготовлении, налаживании, контроле, эксплуатации и ремонте радиоаппаратуры. Схемы эти являются иногда единственными документами, по которым можно изучить принцип действия радиоприбора, найти и устранить возникшую в нем неисправность. На основе принципиальных схем разрабатывают конструкцию приборов, и, наконец, их применяют в учебных пособиях и другой радиотехнической литературе.

Однако принципиальные схемы не всегда удобны для изучения работы сложного прибора, состоящего из большого числа элементов. В этом случае, пользуясь только принципиальной схемой, на которой показаны все элементы и все соединения между ними, очень трудно разобраться в процессах, протекающих в отдельных частях прибора, выяснить роль функциональных групп и отдельных элементов в этих процессах. Иначе говоря, принципиальная схема в подобном случае оказывается излишне подробной, содержит избыточную ин-

формацию. Вместе с тем структурная схема, укрупненно показывающая функциональные части прибора, является недостаточно подробной для изучения процессов, протекающих в приборе.

Поэтому получили распространение функциональные схемы, занимающие промежуточное положение между принципиальными и структурными и совмещающие в себе характерные особенности обеих. Такие схемы используют при производстве и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры; составление их часто необходимо при проектировании приборов перед разработкой принципиальных схем.

Части приборов, назначение которых не требует особых пояснений, обозначают на функциональных схемах так же, как и на структурных, в виде квадратов или прямоугольников (как исключение, усилители иногда изображают на структурных и принципиальных схемах в виде треугольников). Группы же элементов и отдельные элементы, участвующие в процессах, которые необходимо разъяснить с помощью таких схем, изображают в развернутом виде с использованием условных графических обозначений, принятых для принципиальных схем. Так, если бы потребовалось пояснить процесс детектирования в простом радиоприемнике и роль каждого из элементов детекторного каскада в этом процессе, можно было бы ограничиться раскрытием содержания только этого каскада, а остальные изобразить, как и на структурной схеме, квадратами с соответствующими надписями (рис. 3).

Рассмотренные типы схем предназначены в основном для изучения принципа работы того или иного прибора и в зависимости от типа дают наглядное представление о его функциональной или поэлементной структуре.

Другое дело, если речь идет об изготовлении прибора, его налаживании, контроле и ремонте в процессе эксплуатации. Чтобы смонтировать прибор, быстро его отрегулировать, найти и заменить вышедший из строя в процессе производства или эксплуатации элемент, отыскать в приборе тот или иной проводник и проверить его целостность, нужен чертеж, на котором показаны провода, жгуты, кабели, которыми выполнены соединения между элементами, места их подключения, разборные и разъемные соединители, проходные изоляторы и т. п. и кроме того, примерное расположение элементов в приборе.

Таким чертежом является схема электрических соединений. Ее элементы, как и на принципиальных схемах, изображают в виде условных графических обозначений, а в некоторых случаях в виде упрощенных контурных рисунков реальных элементов. Возле условных обозначений указывают позиционные обозначения элементов в соответствии с принципиальной схемой и их типы (иногда и номинальные параметры), показывают маркировку выводов, если она нанесена на самих элементах (в некоторых случаях маркировку

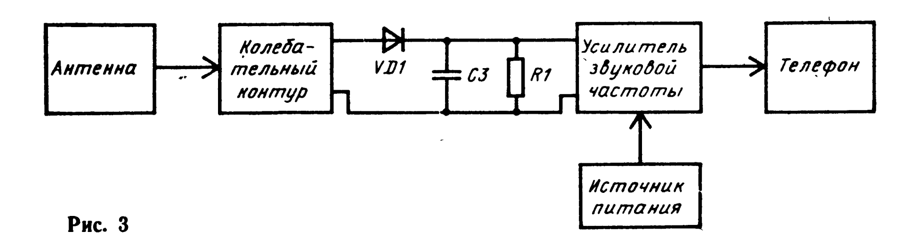


Рис. 3

показывают на схеме, даже если ее нет на элементе), цоколевку электронных ламп, интегральных микросхем и т. п. Все провода, кабели и жгуты показывают, как правило, отдельными линиями, но, чтобы не загромождать схему большим числом линий, идущих в одном направлении, их иногда сливают в одну. Вблизи мест подключения их снова разделяют и маркируют каким-либо образом, чтобы можно было проследить каждое соединение в отдельности.

Схема соединений простого приемника, приведенная на рис. 4, наглядно иллюстрирует сказанное. Кроме элементов, изображенных на принципиальной схеме, здесь показаны и некоторые другие детали, не играющие роли при изучении принципа работы приемника, но необходимые для выполнения его монтажа и эксплуатации. Это гнездо XS1 для подключения антенны, телефонное гнездо XS2 для подключения вилки телефона, соединители XT1, XT2 для подключения аккумуляторов батареи питания, монтажная стойка X1. Большинство деталей смонтировано на монтажной плате. Исключение — гнезда XS1 и XS2, установленные на боковых стенках корпуса. Для удобства чтения схемы стенки корпуса вместе с этими деталями условно развернуты в плоскость чертежа, о чем говорят соответствующие надписи на схеме. Таким приемом пользуются и при вычерчивании схем соединений более сложных приборов.

Если число проводов, жгутов и кабелей невелико, их данные указывают около линий, изображающих соединения, если же их много, — сводят в таблицу, в которой указывают номера проводов, адреса их подключения (устройство, элемент, контакт), марку, сечение и цвет. В нашем примере число соединений невелико, поэтому данные проводов указаны непосредственно на схеме приемника (значком в виде треугольника обозначены соединения, выполненные многожильным проводом в поливинилхлоридной и шелковой изоляции МГШВ сечением 0,14 мм², а в виде квадрата — соединения, выполненные медным луженым проводом диаметром 0,5 мм).

При производстве радиоэлектронных приборов применяют **электромонтажные чертежи**, на которых изображают не только детали, провода, жгуты и кабели, но и приводят все необходимые данные для производства монтажа. Электромонтажные чертежи выполняют в том же масштабе, что и сборочные. В отличие от схем соединений элементы приборов на таких

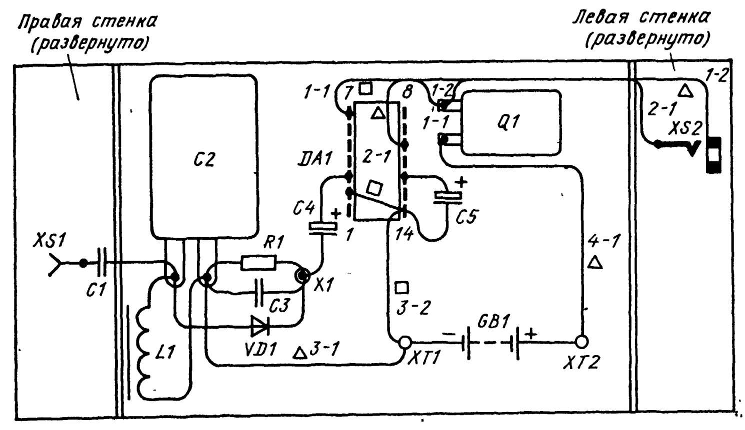


Рис. 4

чертежах изображают в виде контурных очертаний, сохраняя внешнее сходство изображений с самими элементами, и, что самое главное, располагают их, как правило, на тех же местах шасси или панели, где они размещены в самом приборе. Только в случаях, когда элементы закрывают друг друга, их изображения смещают, чтобы показать скрытые соединения, но при этом над смещенными изображениями обязательно помещают надпись «изделие смещено». Для большей выразительности чертежа контуры деталей, устанавливаемых при сборке, предшествующей монтажу, изображают тонкими линиями, а элементы, устанавливаемые при монтаже, — линиями нормальной толщины. Как и на схемах соединений, детали, смонтированные на стенках, находящихся в разных плоскостях, разворачивают вместе с ними в плоскость чертежа. Электромонтажный чертеж приемника приведен на рис. 5.

Для сложных радиоэлектронных приборов (установок) разрабатывают схемы соединений, чтобы показать соединения между блоками, пультами и другими входящими в них устройствами. На этих схемах составные части установки изображают в виде прямоугольников, но в отличие от структурных схем показывают все связи между ними с указанием марок проводов и кабелей, а также места их подключения (разъемные соединители, колодки с контактами разборных соединений, проходные изоляторы, сальники и т. п.). На основе этих схем разрабатывают чертежи прокладки и крепления проводов, жгутов и кабелей, соединяющих устройства, входящие в установку. Такими схемами пользуются при монтаже, наладке, контроле, эксплуатации и ремонте. Нередко подобная схема является единственным документом, на котором показаны электрические соединения между блоками установки или системы, так как полные принципиальные схемы на такие сложные приборы обычно не разрабатывают.

На практике встречаются случаи, когда необходимо показать внешние соединения какого-либо изделия, указать, какими проводами или кабелями и куда он должен быть подключен. Для этой цели разрабатывают **схемы подключения**. Прибор, для которого такая схема выпускается, изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы (соединители) — в

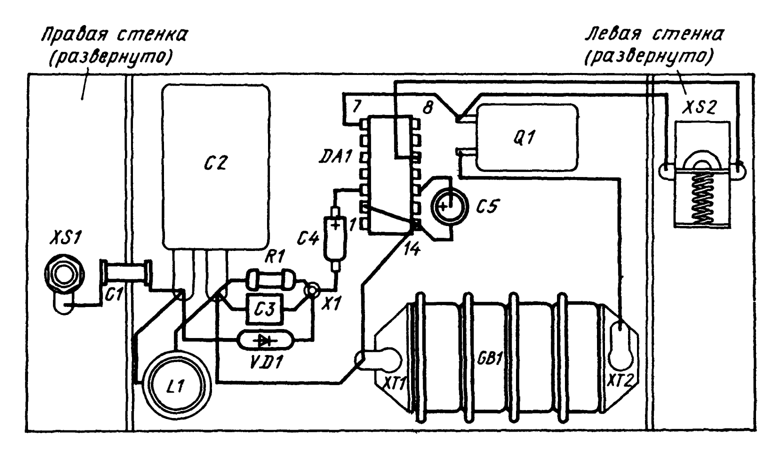


Рис. 5

виде условных графических обозначений, причем последние размещают внутри обозначения прибора примерно так же, как это имеет место и в самом приборе. Рядом с символами входных и выходных элементов указывают их позиционные обозначения по принципиальной схеме, а также надписи, нанесенные возле этих элементов в изделии. Провода и кабели показывают на этих схемах отдельными линиями с указанием «адресов» их внешнего подключения. При необходимости указывают также марки, сечения и расцветку проводов, характеристики и наименования внешних цепей (напряжение, частота, вид сигнала и т. п.).

В радиоприборостроении пользуются схемами и других типов, например общими, расположения, объединенными. Так, для наглядного представления о составных частях сложных комплексов и систем и соединениях между ними на месте эксплуатации служат общие схемы. Пользуются ими при ознакомлении с комплексами, а также при контроле и эксплуатации.

Схемы расположения имеют основной целью показать относительное расположение составных частей изделия (например, стоек и блоков ЭВМ). В некоторых случаях на них изображают также помещение или местность, где эти составные части должны быть расположены.

Иногда на одном чертеже помещают схемы двух типов, например принципиальную электрическую и кинематическую. В ряде случаев это представляет определенные удобства для ознакомления с устройством прибора, а также при его настройке или ремонте. Такие схемы получили название объединенных. Каждую схему в этом случае выполняют по правилам, установленным стандартом для схем соответствующих типов.

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМАХ

На структурных схемах показывают укрупненные функциональные части прибора. Такими частями могут быть и функциональные группы элементов (усилитель, детектор и т. п.), и устройства (блок питания, полосовой фильтр и т. п.), и отдельные элементы (электронно-лучевая трубка, головка громкоговорителя и т. п.). Функциональные группы и устройства изображают на структурных схемах в виде прямоугольников или квадратов, элементы — в виде условных графических обозначений, принятых для принципиальных схем. Чтобы отличить на схеме одну функциональную часть от другой, внутри квадратов и прямоугольников помещают надписи, указывающие наименование частей. При большом числе функциональных частей надписи заменяют порядковыми номерами, а расшифровку их дают в таблице, помещаемой рядом со схемой.

Но, если условные графические обозначения принципиальных схем хорошо запоминаются и на их узнавание затрачивается очень небольшое время, прямоугольники и квадраты, обозначающие функциональные части, выглядят однообразно. С целью повышения наглядности структурных схем внутри прямоугольников и квадратов стали помещать различные знаки, придающие этим условным обозначениям индивидуальность и мнемоничность. Однако до 1971 г.

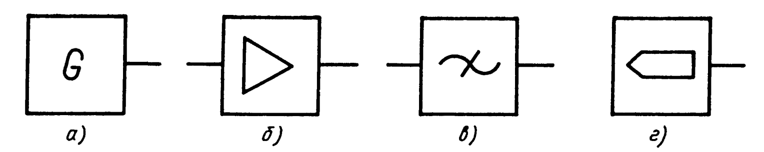


Рис. 6

не существовало стандарта, устанавливающего единую систему условных графических обозначений этого вида.

В ЕСКД обозначения для структурных и функциональных схем устанавливает ГОСТ 2.737—68. Базовым (основным) элементом обозначения любой функциональной части прибора является квадрат, прямоугольник или треугольник. Назначение той или иной части прибора указывают расположенные внутри этих символов специальные знаки, буквы, упрощенные изображения осциллограмм, графиков и т. д. Например, генератор выделяют на схеме помещенной в квадрат латинской буквой G (рис. 6,*а*), усилитель — равносторонним треугольником, одна из вершин которого обращена в сторону передачи сигнала (рис. 6,*б*). В квадрат, обозначающий частотный фильтр, помещают наискось перечеркнутый знак синусоиды (рис. 6,*в*), а в обозначение записывающего и воспроизводящего устройства (магнитофона) — символ акустической головки (рис. 6,*г*).

С помощью специальных знаков можно охарактеризовать назначение устройства. Например, если необходимо указать, что оно предназначено для записи, на нижней стороне квадрата изображают точку и стрелку, острие которой направлено от источника сигнала (рис. 7,*а*). В условном обозначении воспроизводящего устройства стрелку направляют в противоположную сторону (рис. 7,*б*), а в символе устройства, предназначенного для записи и воспроизведения, изображают две разнонаправленные стрелки, но без точки (рис. 7,*в*).

Если нужно указать форму вырабатываемых генератором колебаний, внутри квадрата кроме буквы G помещают знаки, упрощенно воспроизводящие осциллограммы напряжений синусоидальной (~), прямоугольной (_|¯|_), пилообразной (/\/\) или другой соответствующей формы (рис. 8). Один прибор иногда может содержать несколько генераторов, работающих на разных частотах или в разных диапазонах частот. В этом случае в условном обозначении генератора изображают два или три знака синусоиды, что позволяет отличить генераторы звуковой (≈) и радиочастоты (≋) от генератора низкой (промышленной) частоты (~). При необходимости внутри символа указывают значение частоты (в подобном случае ограничиваются одним знаком синусоиды) или особенности генератора (например, генератор с кварцевой стабилизацией частоты выделяют знаком в виде небольшого светлого прямоугольника с двумя параллельными его большим сторонам штрихами). Если частоту генератора можно изменять, верхний левый угол квадрата или знак синусоиды перечеркивают знаком регулирования — стрелкой, направленной под углом 45°. Как будет показано далее, этот знак широко используется при построении условных графических

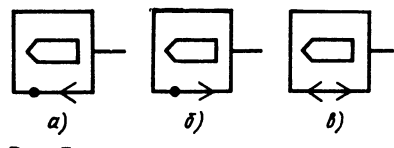


Рис. 7

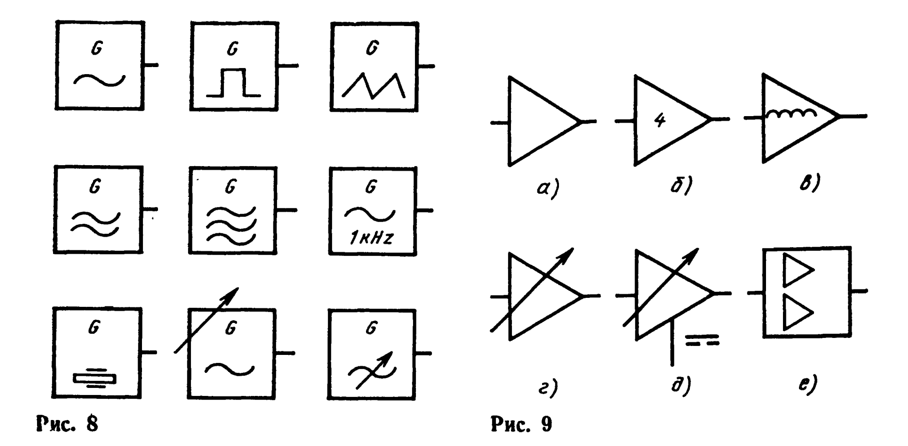


Рис. 8 Рис. 9

обозначений, когда необходимо показать регулирование параметра элемента или устройства.

Просты и наглядны символы различных усилителей, которые можно также обозначать в виде треугольника (рис. 9,*а*). Знаки, характеризующие вид усилителя или принцип его работы, стандарт допускает указывать только в этом обозначении. Например, если необходимо указать число каскадов усиления, внутри треугольника пишут соответствующую цифру (рис. 9,*б*), магнитный усилитель узнают по упрощенному символу такого усилителя — четырем слитно изображенным полуокружностям (рис. 9,*в*). Для обозначения регулируемых усилителей используют знак регулирования, пересекая им символ усилителя, как показано на рис. 9,*г*. Если же регулирование осуществляется электронным способом, например постоянным током, условное обозначение усилителя дополняют третьим выводом, рядом с которым помещают символ этого тока (рис. 9,*д*). Двухтактный усилитель изображают в виде квадрата с двумя треугольниками внутри (рис. 9,*е*).

Для обозначения на структурных и функциональных схемах фильтров некоторое время использовали предельно упрощенные изображения их частотных характеристик. Однако эти обозначения были недостаточно наглядны, поэтому стандарт ЕСКД установил для фильтров новые, легко запоминающиеся символы. Как известно, фильтры служат для разделения колебаний различных частот. Так, фильтр нижних частот хорошо пропускает все колебания, частоты которых ниже определенной, так называемой частоты среза, и не пропускает колебаний, частоты которых выше ее. Чтобы показать это свойство фильтра нижних частот на схеме, в его условном обозначении изображают две синусоиды, причем верхнюю из них перечеркивают (рис. 10,*а*). Это означает, что фильтр не пропускает высокие (выше частоты среза) частоты и, наоборот,

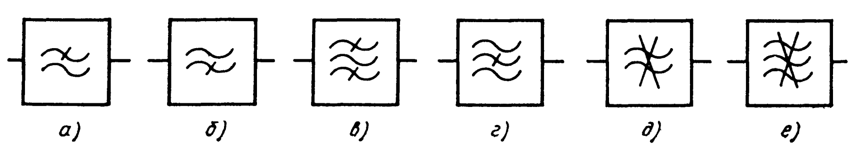


Рис. 10

пропускает низкие (ниже частоты среза) частоты (нижняя синусоида не перечеркнута). В фильтре верхних частот картина обратная. Перечеркнутая нижняя синусоида (рис. 10,*б*) говорит о том, что низким частотам через фильтр пути нет, а высокие частоты проходят через него с незначительными потерями.

С учетом сказанного нетрудно понять условное обозначение полосового фильтра, предназначенного для выделения некоторой полосы частот, лежащих по обе стороны от частоты настройки (рис. 10,*в*). Режекторный фильтр (рис. 10,*г*) выполняет обратную задачу: свободно пропускает колебания всех частот, кроме определенной полосы, лежащей по обе стороны от частоты настройки.

В условных обозначениях фильтров мы впервые встретились со знаком отрицания (линия, перечеркивающая символ синусоиды). Раньше подобные знаки применяли только для обозначения стирающих магнитных головок (крестик) и фильтров сверхвысоких частот, подавляющих волны определенных типов (линия, пересекающая буквенное обозначение типа волны). В стандартах ЕСКД знаки отрицания в условных графических обозначениях встречаются чаще. Кроме названных магнитных головок, знак отрицания использован в символах вентилей и аттенюаторов линий сверхвысокой частоты, элементов цифровой техники (для обозначения выводов, не несущих логической информации), в условных обозначениях подавителей помех. В зависимости от диапазона частот в символах последних изображают две или три синусоиды, перечеркивая их крестиком (рис. 10,*д*, *е*).

Очень просто построены условные графические обозначения устройств, предназначенных для ослабления сигнала (аттенюаторов), изменения его фазы (фазовращателей), задержки на определенное время (линий задержки). Символы этих устройств (рис. 11,*а*—*в*) содержат буквенные обозначения соответствующих единиц измерения (дБ — децибел — логарифмическая единица, применяемая для выражения отношений напряжений и мощностей электрических сигналов) или математических обозначений величин (φ — фаза сигнала, Δt — время задержки сигнала). При необходимости рядом с символом такого устройства (над линией, обозначающей его выход) указывают конкретные

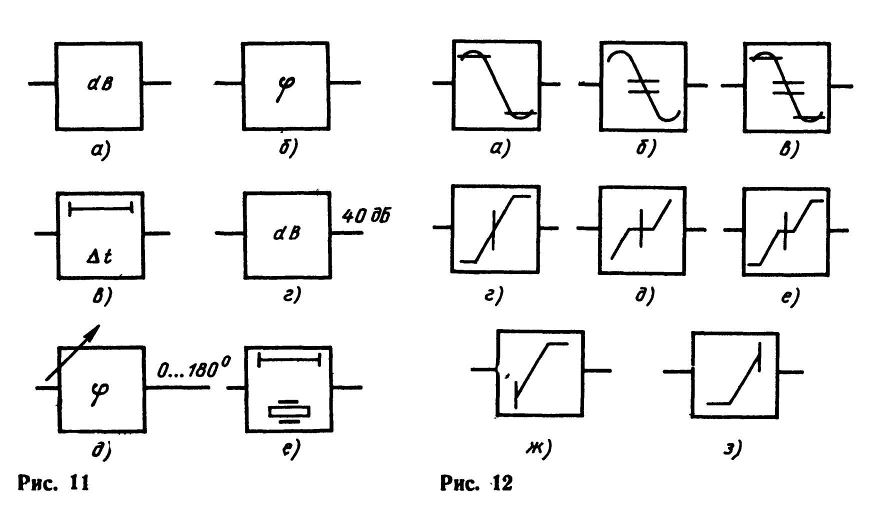


Рис. 11   Рис. 12

значения величин (рис. 11,*г*) или пределы их регулирования (рис. 11,*д*), а внутри квадрата — знаки, характеризующие принцип действия или специфические особенности устройства (для примера на рис. 11,*е* показано обозначение ультразвуковой линии задержки с пьезоэлектрическими преобразователями).

Условные обозначения ограничителей содержат символ синусоиды. Ограничители — это устройства для выделения части сигнала, лежащей либо ниже какого-то определенного уровня (часть, лежащая выше его, через ограничитель не проходит — срезается), либо выше определенного уровня (часть, находящаяся ниже, срезается), либо части сигнала, лежащей между верхним и нижним уровнями. Уровни ограничения (среза) изображают отрезками горизонтальных линий, пересекающими символ синусоиды. Условные обозначения ограничителей большого и малого сигналов, а также двухстороннего ограничителя показаны на рис. 12 (соответственно *а*, *б* и *в*).

Иначе построены условные графические обозначения ограничителей максимальных (предельно допустимых) и минимальных значений амплитуды сигнала. В них также использован знак отрицания, но в виде вертикального штриха. В символе ограничителя максимальных значений им перечеркивают ломаную линию, которая напоминает осциллограмму части сигнала, включающей его максимальное положительное и отрицательное значения (рис. 12,*г*), в символе ограничителя минимальных значений — ломаную, отображающую часть сигнала в зоне минимальных уровней (рис. 12,*д*), а в обозначении ограничителя максимальных и минимальных значений — ломаную, совмещающую в себе обе эти линии (рис. 12,*е*). Символы ограничителей максимальных положительных и отрицательных амплитуд показаны на рис. 12,*ж* и *з* соответственно.

Устройства для коррекции частотных характеристик (корректоры), для сжатия и расширения динамического диапазона сигнала изображают на схемах в виде квадрата, помещая внутри него упрощенный график соответствующей зависимости. Так, чтобы показать корректор с подъемом или спадом усиления на высших частотах, в левом верхнем углу квадрата изображают небольшую дужку, напоминающую амплитудно-частотную характеристику в этой области частот (рис. 13,*а*, *б*). Обязательным элементом условных обозначений корректоров является помещаемый в их правой части знак коррекции — вертикальная линия с направленными в разные стороны штрихами на концах. Вместе с символом искажения (наклонная линия с такими же штрихами) этот знак используют для построения обозначений корректоров (выравнивателей)

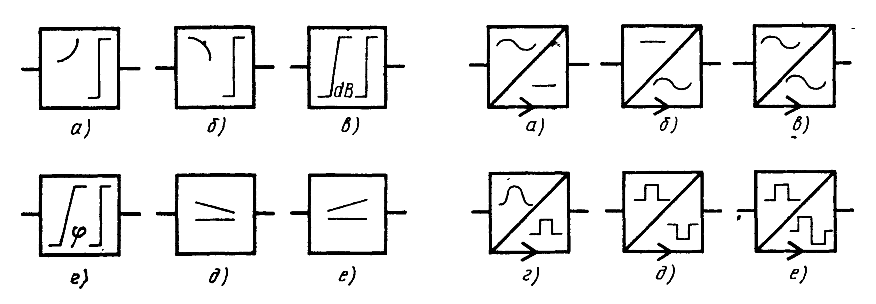


Рис. 13 Рис. 14

затухания (рис. 13,*в*), фазы (рис. 13,*г*) времени задержки сигнала и т. д.

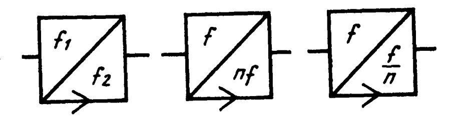


Рис. 15

В обозначении устройства для сжатия динамического диапазона (уменьшения разницы малых и больших амплитуд) — компрессора — использован предельно упрощенный график зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного сигнала: верхняя линия, идущая наклонно вниз к оси абсцисс на рис. 13,*д*, символизирует сужение динамического диапазона. В экспандерах (расширителях динамического диапазона) решается обратная задача, поэтому график в его условном обозначении имеет противоположный характер (рис. 13,*е*).

Символы устройств, предназначенных для преобразования тока, напряжения или частоты построены на основе квадрата или прямоугольника, разделенного на две или три части. Например, условное обозначение преобразователя переменного тока в постоянный (выпрямителя) представляет собой разделенный диагональю квадрат (рис. 14,*а*). В его левой части помещен знак переменного тока (синусоида), в правой — знак постоянного тока (короткая горизонтальная черта). В условном обозначении преобразователя, выполняющего обратную задачу, знаки рода тока меняются местами (рис. 14,*б*). Стрелки на нижней стороне квадрата, как и в рассмотренных ранее обозначениях, указывают направление преобразования.

С учетом сказанного, в остальных символах, изображенных на рис. 14, нетрудно узнать преобразователь переменного тока в переменный — трансформатор (*в*), формирователь импульсов (*г*), инвертор полярности импульсов (*д*), преобразователь однополярных импульсов в двуполярные (*е*).

В условных обозначениях преобразователей частоты (рис. 15) характер преобразования поясняется либо индексами у буквенных символов (частота f_1 преобразуется в частоту f_2), либо в виде математического действия. Так, в обозначении умножителя частоты выходной сигнал выражают через входной, умножая последний на коэффициент n, а в символе делителя — деля частоту входного сигнала на n.

Для обозначения устройств, в которых осуществляются более сложные преобразования сигнала (модуляция, детектирование), используют прямоугольники, разделенные на три части (рис. 16,*а*). На месте букв A и B (над выводами) этих символов помещают знаки, характеризующие соответственно модулирующий и модулированный сигналы (для модуляторов) или модулированный и демодулированный (для детекторов), на месте буквы C — обозначение несущей частоты. Дополнительные знаки, например символы звуковой и радиочастоты (соответственно две и три синусоиды), указывают внутри обозначения на месте строчных букв a, b, c.

За основу знаков вида модуляции при импульсной передаче сигналов принято упрощенное изображение прямоугольного импульса. Амплитудную модуляцию в подобном случае обозначают двунаправленной вертикальной стрелкой (рис. 16,*б*), фазовую — такой же горизонтальной (рис. 16,*в*), частотную — символом синусоиды (рис. 16,*г*). Двунаправленную стрелку используют также для обозначения временнóй (рис. 16,*д*) и широтно-импульсной модуляции (рис. 16,*е*). Признаком импульсно-кодовой модуляции служит знак в виде

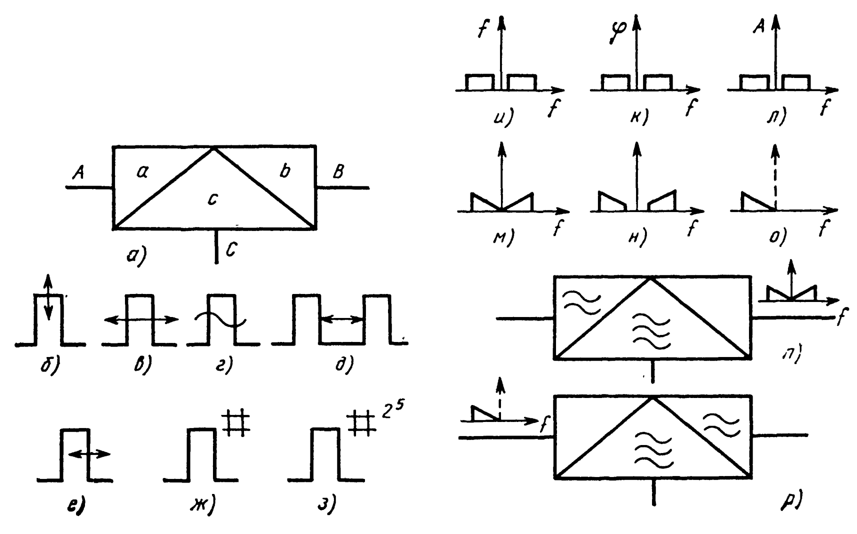


Рис. 16

ячейки прямоугольной сетки (рис. 16,*ж*), рядом с которым при необходимости указывают и сам код (для примера на рис. 16,*з* показано обозначение пятизначного бинарного кода).

Условные обозначения видов модуляции частотных полос в системах связи с частотными каналами напоминают упрощенные спектрограммы модулированных сигналов. Вид модуляции указывают общепринятым буквенным обозначением модулируемого параметра (f — частота, φ — фаза, A — амплитуда). Помещают его справа от символа несущей — стрелки, перпендикулярной оси частот f. Боковые полосы частот изображают в виде одинаковых прямоугольников на оси частот по обе стороны от символа несущей. Зная это, нетрудно в рис. 16,*и* узнать символ частотной модуляции, в рис. 16,*к* — фазовой, а в рис. 16,*л* — амплитудной. Последний символ применяют только в качестве общего обозначения амплитудной модуляции. Если же необходимо указать особенности такой модуляции, используют символы, подобные изображенным на рис. 16,*м*—*о*. Первый из них обозначает сигнал с несущей частотой и двумя боковыми полосами, второй — то же, но с боковыми полосами без передачи их нижних частот, третий — сигнал с подавленной несущей и нижней боковой полосой.

В качестве примера применения рассмотренных знаков на рис. 16,*п* приведено условное графическое обозначение модулятора с несущей и двумя боковыми полосами частот на выходе, а на рис. 16,*р* — детектора (демодулятора) амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей и одной боковой полосой частот.

Условные обозначения, сходные с рассмотренными, установлены также для схем устройств телеавтоматики, сигнальной техники и т. д. В качестве примера на рис. 17 приведены обозначения суммирующего усилителя (об этом говорит знак математической суммы — греческая буква Σ), первичного преобразователя параметров (буквы X и Y обозначают соответственно входной и выходной

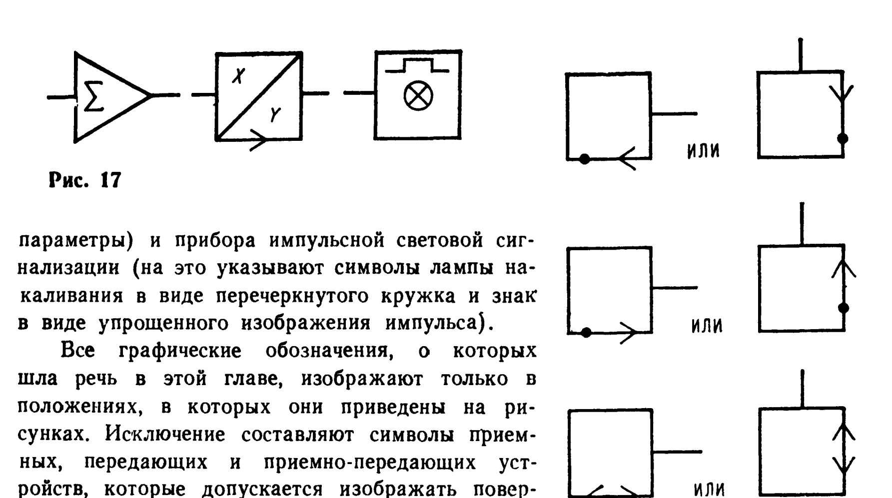


Рис. 17

параметры) и прибора импульсной световой сигнализации (на это указывают символы лампы накаливания в виде перечеркнутого кружка и знак в виде упрощенного изображения импульса).

Все графические обозначения, о которых шла речь в этой главе, изображают только в положениях, в которых они приведены на рисунках. Исключение составляют символы приемных, передающих и приемно-передающих устройств, которые допускается изображать повернутыми на угол 90° против часовой стрелки (рис. 18).

Рис. 18

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

ЭВОЛЮЦИЯ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ. БАЗОВЫЕ СИМВОЛЫ

С некоторыми условными графическими обозначениями электро- и радиоэлементов мы познакомились при рассмотрении принципиальной схемы радиоприемника (см. рис. 2). Весьма показательно, что для изображения схемы даже такого относительно простого устройства потребовалось более десятка символов. Общее же количество условных графических обозначений, используемых при составлении схем современных радиоэлектронных приборов, исчисляется многими сотнями.

Возникли условные обозначения не сразу. Прошли десятилетия, прежде чем первые рисунки, почти с фотографической точностью воспроизводящие внешний вид радиодеталей, превратились в простые и выразительные современные символы.

Приемную Г-образную антенну, состоящую из нескольких параллельных горизонтальных проводов, поначалу изображали на схемах, как показано на рис. 19,*а*. Стремление упростить обозначение антенны привело к тому, что ее стали изображать в виде трезубца, сохранив при этом все элементы первого обозначения (рис. 19,*б*). Потом этот символ еще упростили, исключив провода горизонтальной части (рис. 19,*в*), а затем и траверсу, с помощью которой в реальной конструкции создавались определенные расстояния между проводами (рис. 19,*г*, *д*).

В двадцатых годах на страницах радиотехнических журналов можно было встретить несколько символов для обозначения антенны, использовавшихся одновременно (рис. 19,*в*—*е*). Современный символ антенны (рис. 19,*ж*) унасле-

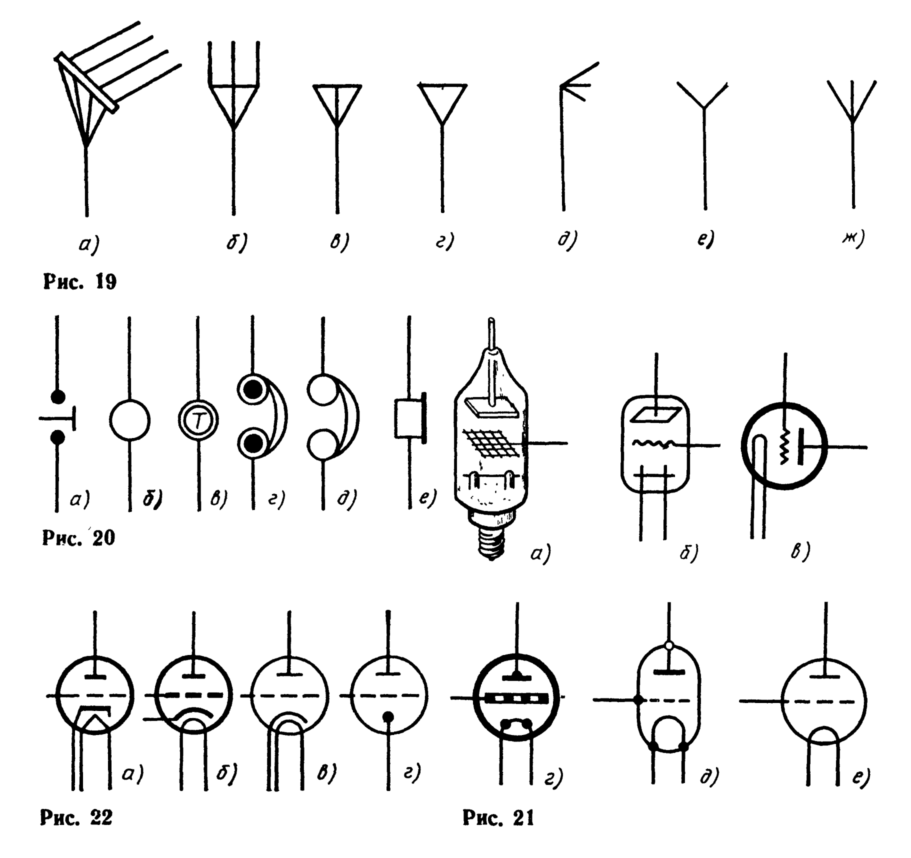


Рис. 19

Рис. 20

Рис. 22

Рис. 21

довал некоторые черты своих предшественников и используется в качестве общего обозначения, т. е. в тех случаях, когда нет необходимости уточнять тип антенны.

Для обозначения головных телефонов в разное время также было предложено несколько символов (рис. 20,*а*—*д*). Один из них, упрощенно воспроизводящий изображение двух телефонов, соединенных оголовьем (рис. 20,*д*), использовался до 60-х годов. ГОСТ 7624—62 установил для телефонов, применяемых в проводной и радиосвязи, единое обозначение, напоминающее вид телефона сбоку в традиционном конструктивном исполнении (рис. 20,*е*). Практически в таком же виде символ телефона оставлен и в ГОСТ 2.741—68, входящем в ЕСКД.

Очень долго искали условное обозначение для электронной лампы. Вначале ее изображали на схемах в виде рисунка с натуры, позже был предложен целый ряд схематических обозначений. Характерно, что на протяжении почти всей истории развития радиотехники в обозначении электронной лампы присутствовал символ ее баллона, который изображали то в виде круга, то в виде вытянутого овала. Много времени прошло, прежде чем был установлен единый символ для управляющего электрода лампы — сетки. Ее обозначали и в

виде волнистой или зигзагообразной линии, и в виде разреза тонкой пластины с отверстиями (рис. 21,*а—д*), пока, наконец, не было найдено обозначение, применяемое и сегодня — штриховая линия (рис. 21,*е*).

Нить накала поначалу изображали волнистой или прямой линией, позже — в виде дуги окружности. С появлением ламп с катодами косвенного накала, где нить выполняет функции подогревателя, в условное обозначение электронной лампы был введен символ катода. Его изображали утолщенной линией в виде П-образной скобки или дуги (рис. 22,*а*, *б*), право же на «существование» получил последний символ, но в виде дуги из линии нормальной толщины (рис. 22,*в*). ГОСТ 2.731—81 устанавливает и другое обозначение катода — жирную точку (рис. 22,*г*). Такое обозначение используют в тех случаях, когда по тем или иным соображениям нити накала ламп приходится изображать отдельно (например, при бестрансформаторном питании их от сети переменного тока) и на функциональных схемах.

Арсенал элементов современной радиотехники и электроники необычайно велик, и если бы стандарты устанавливали условные обозначения для каждой разновидности электро- и радиоэлементов, запомнить их было бы просто невозможно Единая система обозначений, о которых рассказывается в этой книге, построена, в основном, так называемым поэлементным способом. Стандарты ЕСКД устанавливают условные обозначения только основных (базовых) элементов символов, пользуясь которыми, можно построить обозначения любых радиодеталей и устройств.

Условные обозначения баллона, анода, катода, сетки, нити накала и других составных частей электровакуумных приборов являются базовыми символами, на основе которых можно построить условные обозначения любых электронных ламп, в том числе комбинированных. На рис. 23 для примера приведено условное графическое обозначение электровакуумного прибора, содержащего в себе триод, два диода и пентод.

Аналогичным образом из базовых элементов, обозначающих части электромагнитного реле (обмотка — см. рис. 24,*а*, контакты — см. рис. 24,*б—г*) можно построить условное обозначение реле любой сложности.

Базовыми символами различных видов конденсаторов и резисторов являются символы конденсатора постоянной емкости и постоянного резистора, а обозначения их разновидностей строятся с использованием знаков общего применения: регулирование, саморегулирование, механическое перемещение и т. п., о чем подробно рассказывается далее.

Такой способ построения условных обозначений не только намного облегчает их узнавание и запоминание, но и дает возможность строить на основе базовых символов обозначения любых новых радиоэлементов. И, что самое главное, новое обозначение будет понятно всем, кто знаком с системой условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД.

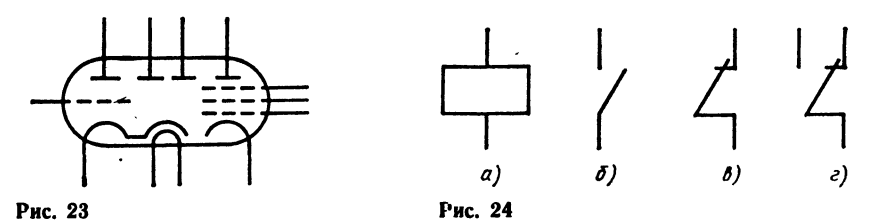


Рис. 23 **Рис. 24**

В последние годы наметилась тенденция обозначать одним символом группы одинаковых элементов, соединенных между собой определенным образом. Например, батарею, составленную из нескольких гальванических или аккумуляторных элементов, стандарт допускает обозначать символом одного элемента с указанием ее номинального напряжения (рис. 25), столбы, состоящие из нескольких последовательно, параллельно или смешанно соединенных полупроводниковых диодов — символом одного диода (рис. 26). Линию задержки обозначают символом, состоящим из условного обозначения катушки, линии, символизирующей одну из обкладок конденсаторов, входящих в линию задержки, и знака задержки сигнала — отрезка прямой линии с засечками на концах (рис. 27).

Установлению таких обобщенных символов предшествовало сокращенное обозначение соответствующих групп элементов, когда на схемах показывали крайние элементы, наличие же остальных указывали штриховыми линиями (см. рис. 25 и 26). А вот полосовые пьезокерамические фильтры, широко применяемые в наши дни в бытовой радиоприемной аппаратуре, с самого начала стали обозначать в виде прямоугольника с соответствующим числом выводов. И это вполне оправданно. Элементы, входящие в состав такого фильтра, опрессованы пластмассой, и доступ к ним практически невозможен. Да это и не нужно. При выходе фильтра из строя его просто заменяют другим, как конденсатор или резистор. Раскрывать его «начинку» на схеме тоже нет никакой необходимости, важно лишь знать, что фильтр настроен на определенную частоту и пропускает определенную полосу частот.

Особенно широкое распространение подобные графические обозначения функциональных узлов получили в принципиальных схемах устройств цифровой техники. Принципиальные схемы электронных вычислительных машин, выполненные из обозначений отдельных электрорадиоэлементов, очень громоздки и не наглядны. Но при всей своей сложности эти устройства с самого начала строились из ограниченного числа одинаковых функциональных узлов: триггеров, мультивибраторов, усилителей тока и напряжения, шифраторов, дешифраторов, повторителей и т. п. Отображение на схеме внутренней структуры этих типовых узлов стало бы своего рода избыточной информацией, затрудняющей составление и чтение схем. Разработчику устройств вычислительной техники важно знать, из каких функциональных узлов можно создать то или иное устройство, и совершенно безразлично, из каких электрорадиоэлементов

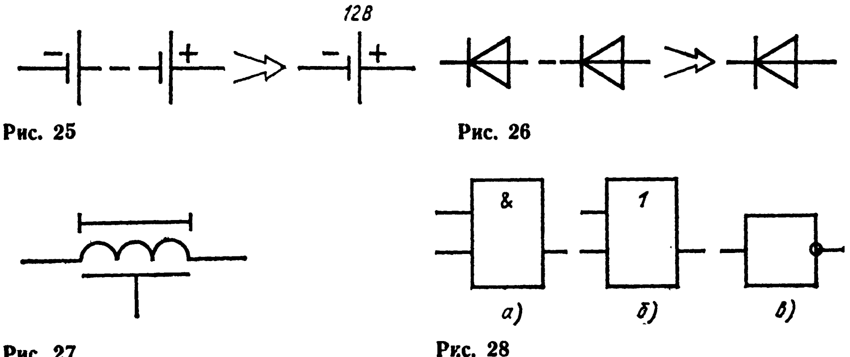


Рис. 25

Рис. 26

Рис. 27

Рис. 28

собраны сами узлы. Этим объясняется тот факт, что при составлении принципиальных схем устройств цифровой техники уже давно пользуются только обобщенными символами функциональных узлов, подобными обозначениям функциональных групп в структурных и функциональных схемах других радиоэлектронных приборов.

В качестве примера на рис. 28 показаны условные графические обозначения логических элементов И (*а*), ИЛИ (*б*) и инвертора (*в*). Как и у ранее рассмотренных символов для структурных и функциональных схем, входы элементов цифровой техники расположены слева, а выходы — справа.

При рассмотрении логики работы элементов цифровой техники оперируют с сигналами двух логических уровней: логической 1 (напряжение, как правило, более положительное) и логического 0 (напряжение менее положительное).

В элементе И сигнал логической 1 появляется на выходе в том случае, если одновременно поданы сигналы такого уровня на все его входы. Если же хотя бы на одном из входов сигнал имеет уровень логического 0, выходной сигнал имеет такой же уровень.

Логика работы элемента ИЛИ — иная. Выходной сигнал принимает значение логической 1 при подаче напряжения такого же уровня как на все входы, так и на любой из них, и логического 0, если на все входы поданы сигналы с уровнем 0.

В инверторе (от латинского слова inverto — переворачиваю, изменяю) выходной сигнал имеет уровень логической 1 при подаче на вход сигнала логического 0 и уровень 0 при подаче на вход сигнала логической 1. Инверсию (отрицание) на выходе обозначает небольшой кружок в месте присоединения линии-вывода к символу элемента.

СТАНДАРТНЫЕ ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Для пользования схемой, для чтения и изучения ее одних графических обозначений мало, поэтому каждому элементу на схеме присваивают условное буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из одной или двух букв латинского алфавита и цифр, обозначающих порядковый номер элемента данного вида на схеме. До введения стандартов ЕСКД единой системы буквенных позиционных обозначений не существовало, поэтому в литературе можно было встретить разные обозначения одного и того же элемента (например, телефоны обозначали и буквой Т, и буквами Тлф). ГОСТ 2.702—68 впервые установил единую систему буквенных позиционных обозначений, обязательную для всей страны. На смену ему пришел ГОСТ 2.710—81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах», установивший новую систему обозначений, действующую в настоящее время. Наиболее часто встречающиеся буквенные обозначения (коды) элементов приведены в табл. 1.

Порядковые номера элементам на схемах присваивают, как правило, в соответствии с последовательностью расположения однотипных символов в направлении сверху вниз и слева направо, например:

R1 R6 R10 R12
R2 R4 R8
R3 R5 R7 R9 R11

Таблица 1

Наименование	Обозначение
Устройства: усилители, приборы телеуправления и т. п. (общее обозначение)	A
Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) и электрических величин в неэлектрические, датчики для указания или измерения (общее обозначение)	B
Громкоговоритель	BA
Телефон (капсюль)	BF
Микрофон	BM
Пьезоэлемент	BQ
Звукосниматель	BS
Конденсатор	C
Микросхема аналоговая интегральная	DA
Микросхема интегральная цифровая, логический элемент	DD
Устройство задержки (общее обозначение)	DT
Элементы разные (общее обозначение)	E
Лампа осветительная	EL
Разрядники, предохранители, устройства защиты (общее обозначение)	F
Предохранитель плавкий	FU
Генераторы, источники питания, кварцевые генераторы (общее обозначение)	G
Батарея гальванических элементов, аккумуляторов	GB
Устройства индикационные и сигнальные (общее обозначение)	H
Прибор звуковой сигнализации	HA
Индикатор символьный	HG
Прибор световой сигнализации	HL
Реле, контакторы, пускатели (общее обозначение)	K
Реле времени	KT
Катушка индуктивности, дроссель (общее обозначение)	L
Двигатель (общее обозначение)	M
Прибор измерительный (общее обозначение)	P
Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр)	PA
Счетчик импульсов	PC
Частотомер	PF
Омметр	PR
Измеритель времени действия, часы	PT
Вольтметр	PV
Ваттметр	PW
Резисторы постоянные и переменные (общее обозначение)	R
Терморезистор	RK
Шунт измерительный	RS
Варистор	RU
Выключатели, разъединители, короткозамыкатели в силовых цепях (в цепях питания оборудования) (общее обозначение)	Q
Выключатель или переключатель	SA
Выключатель кнопочный	SB
Выключатель автоматический	SF
Трансформатор, автотрансформатор (общее обозначение)	T
Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи (общее обозначение)	U
Модулятор	UB
Демодулятор	UR
Дискриминатор	UI
Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты. выпрямитель	UZ

Окончание табл. 1

Наименование	Обозначение
Приборы полупроводниковые и электровакуумные (общее обозначение)	V
Диод, стабилитрон	VD
Транзистор	VT
Тиристор	VS
Прибор электровакуумный	VL
Линии и элементы СВЧ (общее обозначение)	W
Антенна	WA
Соединение контактное (общее обозначение)	X
Штырь (вилка)	XP
Гнездо (розетка)	XS
Соединение разборное	XT
Соединитель высокочастотный	XW
Устройства механические с электромагнитным приводом (общее обозначение)	Y
Электромагнит	YA
Устройства оконечные, фильтры (общее обозначение)	Z
Ограничитель	ZL
Фильтр кварцевый	ZQ

Этот порядок может быть нарушен, если последовательность нумерации необходимо увязать с направлением прохождения сигнала, функциональной последовательностью процесса, с размещением элементов в устройстве (такое иногда тоже встречается), а также при нумерации элементов на функциональной схеме, где для удобства элементам целесообразно присваивать те же номера, что и на принципиальной схеме.

Кроме буквенно-цифрового обозначения возле символов элементов часто указывают их типы (электровакуумные и полупроводниковые приборы, интегральные микросхемы, головки громкоговорителей и т. д.), значение основного параметра (емкость конденсатора, сопротивление резистора, индуктивность дросселя или катушки индуктивности и т. д.) и некоторые другие сведения.

ГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Для построения условных графических обозначений разновидностей электрорадиоэлементов используют базовые символы и различные знаки.

Широко применяют знак регулирования — стрелку, пересекающую исходный символ под углом 45° (рис. 29,*а*). При нанесении такого знака на общее обозначение конденсатора, резистора и катушки индуктивности получают символ конденсатора переменной емкости, переменного резистора и катушки с регулируемой индуктивностью (рис. 29,*м—о*), на обозначение усилителя в структурной схеме — символ усилителя с регулируемым усилением и т. д. Иногда необходимо указать характер регулирования и условия, при которых оно должно осуществляться. В этих случаях возле стрелки помещают специальные значки, характеризующие эти особенности. Так, наклонный штрих, параллельный знаку регулирования (рис. 29,*б*), указывает на линейность из-

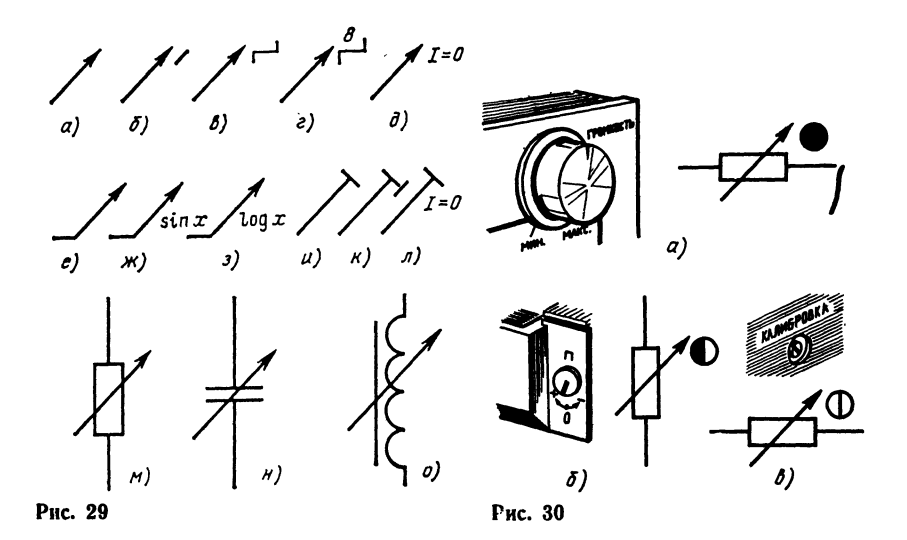


Рис. 29 **Рис. 30**

менения параметра, ступенька — на ступенчатое регулирование (рис. 29,*в*), а математическая запись I=0 — на то, что регулирование следует производить при токе, равном нулю (рис. 29,*д*). Если необходимо указать число ступеней регулирования, над знаком пишут соответствующее число (рис. 29,*г*). Для обозначения характера регулирования применяют также знак нелинейного регулирования. Его нижняя часть имеет излом, рядом с которым при необходимости указывают (в математической форме) закон изменения регулируемого параметра (рис. 29,*е—з*). Так, надпись sin x означает, что параметр элемента изменяется при регулировании по синусоидальному закону, надпись log x — по логарифмическому и т. д.

Нередко на схеме необходимо показать способ регулирования какого-либо параметра электрического элемента. Стандартом предусмотрены для этих целей три символа. Зачерненный круг (рис. 30,*а*) указывает на то, что регулирование осуществляется ручкой, выведенной наружу; наполовину зачерненный круг (рис. 30,*б*) — регулируемый элемент также выведен наружу, но регулировка возможна только с применением инструмента (отвертки, ключа и т. п.); круг, разделенный диаметром (рис. 30,*в*), — регулирование также с помощью инструмента, но регулируемый элемент (например, переменный резистор) находится внутри прибора или устройства.

Сказанное относится к элементам, которые необходимо регулировать более или менее часто. Но в приборах есть регулировочные элементы, параметры которых изменяют относительно редко (при настройке, проверке, ремонте). Это подстроечные конденсаторы, резисторы, подстроечники катушек и т. д. Для их регулирования пользуются отверткой, ключом и тому подобными инструментами. Подстроечное регулирование также обозначают наклонной линией, но вместо стрелки на ее конце изображают короткий штрих (рис. 29,*и—л*). Этот знак несколько напоминает регулировочный инструмент, благодаря чему он легко узнается. Символ подстроечного регулирования также может сопровождаться знаками характера, способа и условий регулирования (рис. 31).

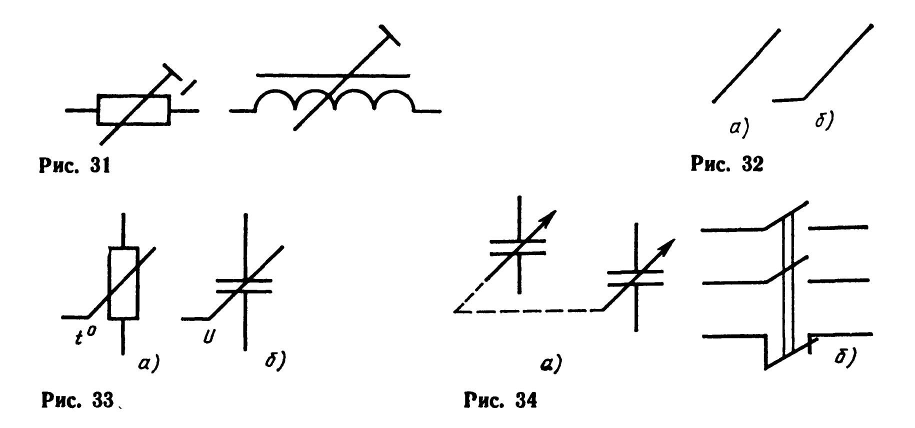


Рис. 31 Рис. 32

Рис. 33 Рис. 34

Разновидность рассмотренных символов — знаки саморегулирования: наклонная линия (линейное саморегулирование — рис. 32,*а*) или наклонная линия с изломом в нижней части (нелинейное саморегулирование — рис. 32,*б*). Параметры саморегулирующихся элементов могут изменяться только плавно, в связи с чем символ ступенчатого изменения параметра возле знака саморегулирования не наносят. Если необходимо указать, под действием какой физической величины происходит саморегулирование элемента, возле знака нелинейного саморегулирования помещают соответствующее обозначение (U — напряжение, I — ток, P — давление и т. д.). На рис. 33,*а* показано условное обозначение терморезистора (его сопротивление зависит от температуры окружающей среды), а на рис. 33,*б* — вариконда (его емкость зависит от напряжения на обкладках).

Часто в радиоприборе используется несколько элементов, управляемых одной ручкой, например блок конденсаторов переменной емкости, сдвоенный переменный резистор. Обозначения элементов, входящих в такие конструкции, для удобства построения схемы нередко изображают в разных ее местах, а чтобы показать их механическую связь, знаки регулирования соединяют штриховой линией (рис. 34,*а*). При близком расположении символов механическую связь показывают двумя параллельными линиями (например, в обозначении выключателя или переключателя на несколько направлений — см. рис. 34,*б*).

Особую группу символов общего применения составляют знаки, указывающие направление движения в самом широком смысле этого слова. Для указания механического перемещения подвижных деталей (и такое встречается на принципиальных схемах) пользуются прямыми стрелками, символизирующими движение в одну или обе стороны (рис. 35). Если необходимо показать, что движение ограничено, у конца стрелки изображают короткий штрих. Такими же стрелками, но без штрихов, в обозначениях акустических головок (рекор-

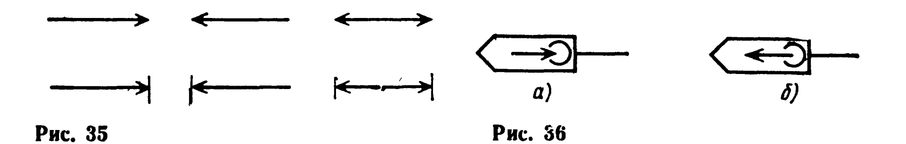


Рис. 35 Рис. 36

дер, звукосниматель, магнитные головки и т. д.) указывают направление преобразования сигнала. Например, в условном обозначении воспроизводящей магнитной головки (рис. 36,*а*) стрелка направлена к символу магнитопровода, в обозначении записывающей головки (рис. 36,*б*) — в обратную сторону. Универсальную головку выделяют двунаправленной стрелкой.

Две параллельные наклонные стрелки, расположенные под углом 45° к условному обозначению полупроводникового прибора, резистора, гальванического элемента и т. д., символизируют световой поток и вместе с исходным обозначением, возле которого они изображены, образуют символы приборов, действие которых основано на фотоэлектрическом эффекте (рис. 37).

Прямые стрелки используют также при построении условных обозначений излучающих полупроводниковых приборов, магнитострикционных элементов, антенных устройств (для указания типа поляризации) и т. д.

Вращательное движение показывают на схемах стрелками, изогнутыми в виде дуг окружности (рис. 38). Наносят их на линии механической связи, изображаемые на схемах, как уже отмечалось, одной штриховой или двумя параллельными сплошными линиями. Вращательное движение по часовой стрелке обозначают стрелкой, направленной вниз (рис. 38,*а*), против часовой стрелки — вверх (рис. 38,*б*), в обоих направлениях — обоюдоострой стрелкой (рис. 38,*в*), а качательное движение — такой же стрелкой с засечками на концах (рис. 38,*г*). Комбинацией из дугообразной и прямой стрелок обозначают винтовое движение. Для примера на рис. 38,*д* изображена механическая связь, передающая такое движение вправо при вращении в направлении часовой стрелки, а на рис. 38,*е* — связь, передающая такое движение при вращении в обратном направлении.

Дугообразные стрелки используют также для указания направления регулирования, характера движения главного лепестка диаграммы направленности и направления вращения антенн, характера отклонения луча в электронно-лучевых приборах и т. д.

Составной частью символов некоторых элементов (например, выключателей, переключателей) является знак, передающий способ управления их подвижными деталями. Так, чтобы показать ручной привод, осуществляемый нажатием на кнопку, линию механической связи с управляемым элементом заканчивают прямой скобкой, обращенной в сторону символа (рис. 39,*а*, *б*). Если же управляемый элемент приводится в действие вытягиванием или поворотом кнопки, используют знаки, изображенные соответственно на рис. 39,*в* и *г* (в этих и во всех последующих символах механическую связь можно обозначить как штриховой, так и двумя сплошными линиями). Символом в виде на-

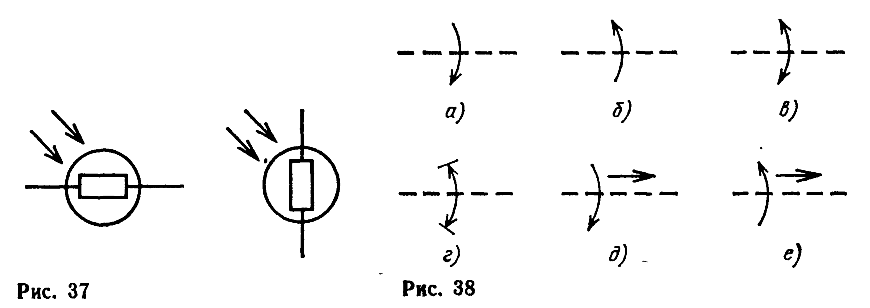


Рис. 37 Рис. 38

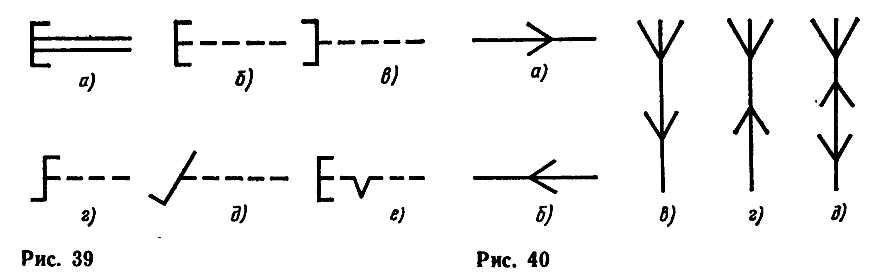


Рис. 39 Рис. 40

клонного уголка (рис. 39,*д*) обозначают ножной привод (педаль), знаком, напоминающим зубчик (рис. 39,*е*), — фиксацию привода в нажатом (вытянутом, повернутом) положении.

Чтобы пояснить на схеме назначение некоторых элементов и устройств, на их условные обозначения наносят символ направления потока электромагнитной энергии. Этот знак (рис. 40,*а*, *б*) также представляет собой стрелку, но с углом раскрыва 60°. С примерами использования этого символа мы уже знакомы (графические обозначения преобразователей, записывающих и воспроизводящих устройств в структурных схемах). На рис. 40,*в*—*д* приведены условные обозначения приемной, передающей и приемно-передающей антенн, где такие стрелки указывают их назначение.

РЕЗИСТОРЫ

Резистор (англ. resistor от лат. resisto — сопротивляюсь) — один из самых распространенных радиоэлементов. Даже в простом транзисторном приемнике число резисторов достигает нескольких десятков, а в современном телевизоре их не менее двух-трех сотен. Резисторы используют в качестве нагрузочных и токоограничительных элементов, делителей напряжения, добавочных сопротивлений и шунтов в измерительных цепях и т. д.

Основным параметром резистора является сопротивление, характеризующее его способность препятствовать протеканию электрического тока. Сопротивление измеряется в омах, килоомах (тысяча Ом) и мегаомах (1 000 000 Ом).

Постоянные резисторы. Вначале резисторы изображали на схемах в виде ломаной линии — меандра (рис. 41,*а*, *б*), которая обозначала высокоомный провод, намотанный на изоляционный каркас. По мере усложнения радиоприборов число резисторов в них увеличивалось, и, чтобы облегчить начертание, их стали изображать на схемах в виде зубчатой линии (рис. 41,*в*). На смену этому символу пришел символ в виде прямоугольника (рис. 41,*г*), который стали применять для обозначения любого резистора, независимо от его конструктивных особенностей.

Номинальную мощность рассеяния резистора (от 0,05 до 5 Вт) обозначают специальными знаками, помещаемыми внутри символа (рис. 42). Заметим, что эти знаки не должны касаться контура условного обозначения резистора.

На принципиальной схеме номинальное сопротивление резистора указывают рядом с условным обозначением (рис. 43). Согласно ГОСТ 2.702—75 сопротивления от 0 до 999 Ом указывают числом без единицы измерения (2,2; 33, 120. 750 и т. д.), от 1 до 999 кОм — числом с буквой к (47 к, 220 к, 910 к и т. д.), свыше 1 мегаома — числом с буквой М (1 М, 3,6 М и т. д.).

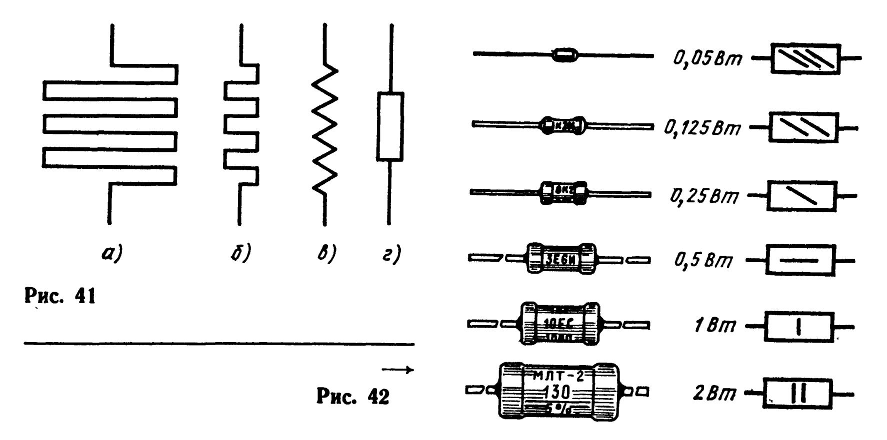


Рис. 41

Рис. 42

На резисторах отечественного производства номинальное сопротивленис, допускаемое отклонение от него, а если позволяют размеры, и номинальную мощность рассеяния указывают в виде полного или сокращенного (кодированного) обозначения. Согласно ГОСТ 11076—69 единицы сопротивления в кодированной системе обозначают буквами Е (ом), К (килоом) и М (мегаом). Так, резисторы сопротивлением 47 Ом маркируют 47Е, 75 Ом — 75Е, 12 кОм — 12К, 82 кОм — 82К и т. д. Сопротивления от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях килоома и мегаома соответственно, причем на месте нуля и запятой ставят соответствующую единицу измерения: 180 Ом=0,18 кОм=К18; 910 Ом=0,91 кОм=К91; 150 кОм=0,15 МОм=М15; 680 кОм=0,68 МОм= =М68 и т. д. Если же номинальное сопротивление выражено целым числом с дробью, то единицу измерения ставят на месте запятой: 2,2 Ом — 2Е2; 5,1 кОм — 5К1; 3,3 МОм — 3М3 и т. д.

Кодированные буквеные обозначения установлены и для допускаемых отклоиений сопротивления от номинального. Допускаемому отклонению ±1% соответствует буква Р, ±2% — Л, ±5% — И, ±10% — С, ±20% — В. Таким образом, надпись иа корпусе резистора К75И обозначает номинальное сопротивление 750 Ом с допускаемым отклонением ±5%; надпись М33В — 330 кОм ±20% и т. д.

Постоянные резисторы могут иметь один или несколько отводов от резистивного элемента. На условном обозначении такого резистора дополнительные выводы изображают в том же порядке, как это имеет место в самом резис-

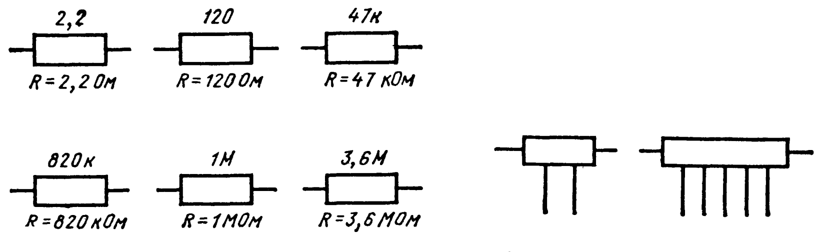


Рис. 43

Рис. 44

торе (рис. 44). При большом числе отводов длину символа допускается увеличивать.

Сопротивление постоянного резистора, как говорит само название, изменить невозможно. Поэтому, если в цепи требуется установить определенный ток или напряжение, то для этого приходится подбирать отдельные элементы цепи, которыми часто являются резисторы. Возле символов этих элементов на схемах ставят звездочку * — знак, говорящий о необходимости их подбора при настройке или регулировке.

Регулируемые резисторы, т. е. резисторы, сопротивление которых можно изменять в определенных пределах, применяют в качестве регуляторов усиления, громкости, тембра и т. д. Общее обозначение такого резистора состоит из базового символа и знака регулирования (рис. 45), причем независимо от положения символа на схеме стрелку, обозначающую регулнрование, проводят в направлении снизу вверх под углом 45°.

Переменные резисторы, как правило, имеют минимум три вывода: от концов токопроводящего элемента и от щеточного контакта, который может перемещаться по нему. С целью уменьшения размеров и упрощения конструкции токопроводящий элемент обычно выполняют в виде незамкнутого кольца, а щеточный контакт закрепляют на валике, ось которого проходит через его центр. Таким образом, при вращении валика контакт перемещается по поверхности токопроводящего элемента, в результате сопротивление между ним и крайними выводами изменяется.

В непроволочных переменных резисторах обладающий сопротивлением токопроводящий слой нанесен на подковообразную пластинку из гетинакса или текстолита (резисторы СП, СП3-4) или впрессован в дугообразную канавку керамического основання (резисторы СПО).

В проволочных резисторах сопротивление создается высокоомным проводом, намотанным в один слой на кольцеобразном каркасе. Для надежного соеднннення между обмоткой и подвижным контактом провод зачищают на глубину до четверти его диаметра, а в некоторых случаях н полируют.

Существуют две схемы включения переменных резисторов в электрнческую цепь. В одном случае их используют для регулирования тока в цепи, и тогда регулируемый резистор называют реостатом, в другом — для регулирования напряжения, тогда его называют потенциометром. Показанное на рис. 45 условное графическое обозначение используют, когда необходимо изобразить реостат в общем виде.

Для регулирования тока в цепи переменный резистор можно включить двумя выводами: от щеточного контакта и одного из концов токопроводящего элемента (рис. 46,*а*). Однако такое включение не всегда допустимо. Если, на-

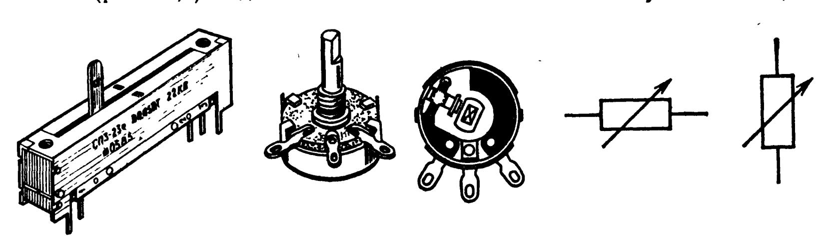


Рис. 45

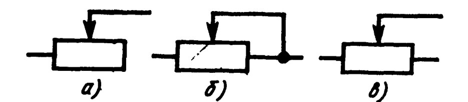


Рис. 46

пример, в процессе регулирования случайно нарушится соединение щеточного контакта с токопроводящим элементом, электрическая цепь окажется разомкнутой, а это может явиться причиной повреждения прибора. Чтобы исключить такую возможность, второй вывод токопроводящего элемента соединяют с выводом щеточного контакта (рис. 46,*б*). В этом случае даже при нарушении соединения электрическая цепь не будет разомкнута.

Общее обозначение потенциометра (рис. 46,*в*) отличается от символа реостата без разрыва цепи только отсутствием соединения выводов между собой.

К переменным резисторам, применяемым в радиоэлектронной аппаратуре, часто предъявляются требования по характеру изменения сопротивления при повороте их оси. Так, для регулирования громкости в звуковоспроизводящей аппаратуре необходимо, чтобы сопротивление между выводом щеточного контакта и правым (если смотреть со стороны этого контакта) выводом токопроводящего элемента изменялось по показательному (обратному логарифмическому) закону. Только в этом случае наше ухо воспринимает равномерное увеличение громкости при малых и больших уровнях сигнала. В измерительных генераторах сигналов звуковой частоты, где в качестве частотозадающих элементов часто используют переменные резисторы, также желательно, чтобы их сопротивление изменялось по логарифмическому или показательному закону. Если это условие не выполнить, шкала генератора получается неравномерной, что затрудняет точную установку частоты.

Промышленность выпускает непроволочные переменные резисторы, в основном, трех групп: А — с линейной, Б — с логарифмической и В — с обратно-логарифмической зависимостью сопротивления между правым и средним выводами от угла поворота оси φ (рис. 47,*а*). Резисторы группы А используют в радиотехнике наиболее широко, поэтому характеристику изменения их сопротивления на схемах обычно не указывают. Если же переменный резистор нелинейный (например, логарифмический) и это необходимо указать на схеме, символ

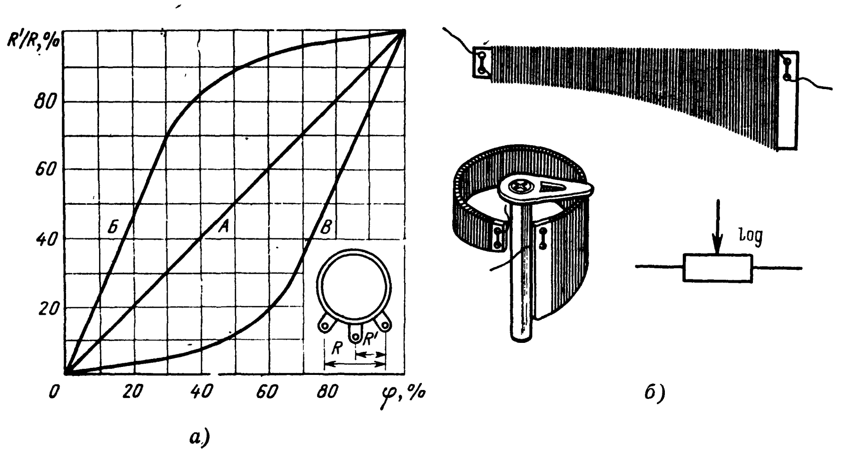


Рис. 47

резистора перечеркивают знаком нелинейного регулирования, возле которого (внизу) помещают соответствующую математическую запись закона изменения.

Резисторы групп Б и В конструктивно отличаются от резисторов группы А только токопроводящим элементом: на подковку таких резисторов наносят токопроводящий слой с удельным сопротивлением, меняющимся по ее длине. В проволочных резисторах форму каркаса выбирают такой, чтобы длина витка высокоомного провода менялась по соответствующему закону (рис. 47,*б*).

Регулируемые резисторы имеют относительно невысокую надежность и ограниченный срок службы. Кому из владельцев радиоприемника или магнитофона не приходилось после двух-трех лет эксплуатации слышать шорохи и трески из громкоговорителя при регулировании громкости. Причина этого неприятного явления — в нарушении контакта щетки с токопроводящим слоем или износ последнего. Поэтому, если основным требованием к переменному резистору является повышенная надежность, применяют резисторы со ступенчатым регулированием. Такой резистор может быть выполнен на базе переключателя на несколько положений, к контактам которого подключены резисторы постоянного сопротивления. На схемах эти подробности не показывают, ограничиваясь изображением символа регулируемого резистора со знаком ступенчатого регулирования, а если необходимо, указывают и число ступеней (рис. 48).

Некоторые переменные резисторы изготовляют с одним, двумя и даже с тремя отводами. Такие резисторы применяют, например, в тонкомпенсированных регуляторах громкости, используемых в высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуре. Отводы изображают в виде линий, отходящих от длинной стороны основного символа (рис. 49).

Для регулирования громкости, тембра, уровня записи в стереофонической аппаратуре, частоты в измерительных генераторах сигналов и т. д. применяют сдвоенные переменные резисторы, сопротивления которых изменяются одновременно при повороте общей оси (или перемещении движка). На схемах символы входящих в них резисторов стараются расположить возможно ближе друг к другу, а механическую связь показывают либо двумя сплошными ли-

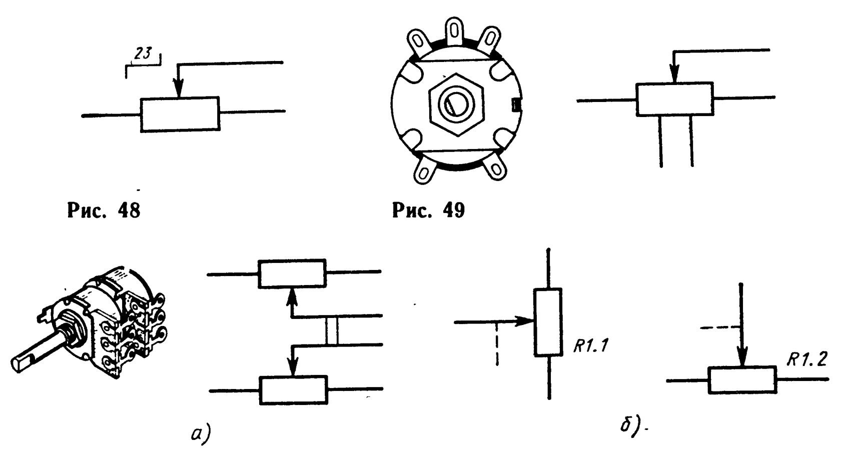


Рис. 48

Рис. 49

Рис. 50

ниями, либо одной штриховой (рис. 50,*а*). Если же сделать этого не удается, т. е. символы резисторов оказываются на большом удалении один от другого, механическую связь изображают отрезками штриховой линии (рис. 50,*б*). Принадлежность резисторов к одному сдвоенному блоку показывают в этом случае и в позиционном обозначении (R1.1 — первый — по схеме — резистор сдвоенного переменного резистора R1, R1.2 — второй).

Встречаются и такие сдвоенные переменные резисторы, в которых каждым резистором можно управлять отдельно (ось одного проходит внутри трубчатой оси другого). Механической связи, обеспечивающей одновременное изменение сопротивлений обоих резисторов, в этом случае нет, поэтому и на схемах ее не показывают (принадлежность к сдвоенному резистору указывают только в позиционном обозначении).

В бытовой радиоаппаратуре часто применяют переменные резисторы, объединенные с одним или двумя выключателями. Символы их контактов размещают на схемах рядом с обозначением переменного резистора и соединяют штриховой линией с жирной точкой, которую изображают с той стороны прямоугольника, при перемещении к которой узел щеточного контакта (движок) воздействует на выключатель (рис. 51,*а*). При этом имеется в виду, что контакты замыкаются при движении от точки, а размыкаются при движении к ней. В случае, если символы резистора и выключателя удалены один от другого, механическую связь показывают отрезками штриховых линий (рис. 51,б).

Подстроечные резисторы — разновидность переменных. Узел щеточного контакта таких резисторов приспособлен для управления отверткой. Условное обозначение подстроечного резистора (рис. 52) наглядно отражает его назначение: это, по сути, постоянный резистор с отводом, положение которого можно изменять. Общее обозначение подстроечного резистора отличается тем, что вместо знака регулирования использован знак подстроечного регулирования.

Нелинейные резисторы. В радиотехнике, электронике и автоматике находят применение нелинейные саморегулирующиеся резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием внешних электрических или неэлектрических факторов: угольные столбы, варисторы, терморезисторы и т. д. Угольный столб,

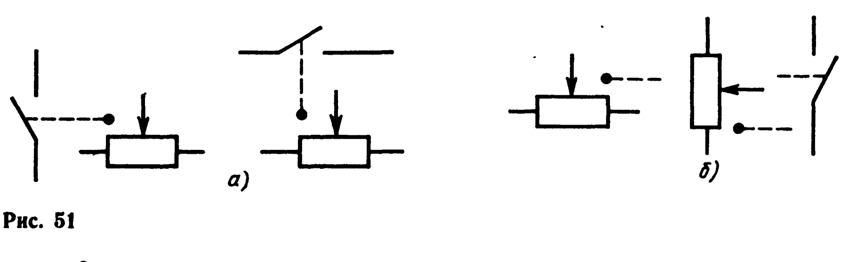


Рис. 51

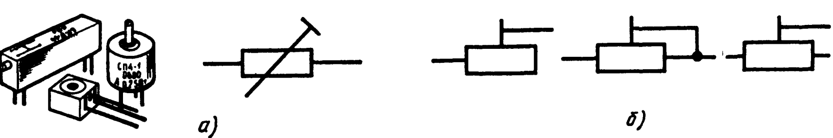


Рис. 52

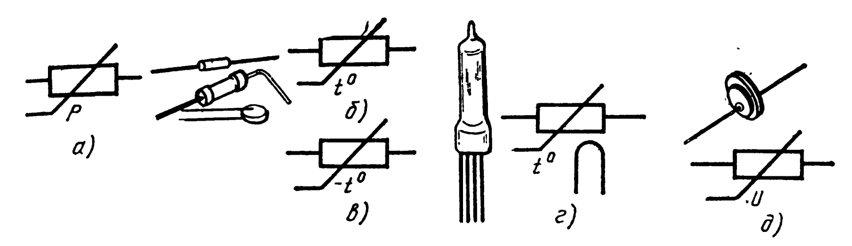


Рис. 53

представляющий собой пакет угольных шайб, изменяет свое сопротивление под действием механического усилия. Для сжатия шайб обычно используют электромагнит. Изменяя напряжение на его обмотке, можно в больших пределах изменять степень сжатия шайб и, следовательно, сопротивление угольного столба. Используют такие резисторы в стабилизаторах и регуляторах напряжения. Условное обозначение угольного столба состоит из базового символа резистора и знака нелинейного саморегулирования с буквой Р, которая символизирует механическое усилие — давление (рис. 53,*а*).

Терморезисторы, как говорит само название, характеризуются тем, что их сопротивление изменяется под действием температуры. Токопроводящие элементы этих резисторов изготовляют из полупроводниковых материалов. Сопротивление терморезистора прямого подогрева изменяется за счет выделяющейся в нем мощности или при изменении температуры окружающей среды, а терморезистора косвенного подогрева — под действием тепла, выделяемого специальным подогревателем. Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры имеет нелинейный характер, поэтому на схемах их изображают в виде нелинейного резистора со знаком температуры —t° (рис. 53,*б*, *в*). Знак температурного коэффициента сопротивления (положительный, если с увеличением температуры сопротивление терморезистора возрастает, и отрицательный, если оно уменьшается) указывают только в том случае, если он отрицательный (рис. 53,*в*). В условное обозначение терморезистора косвенного подогрева кроме знака нелинейного регулирования входит символ подогревателя, напоминающий перевернутую латинскую букву U (рис. 53,*г*).

Нелинейные полупроводниковые резисторы, известные под названием варисторов, изменяют свое сопротивление при изменении приложенного к ним напряжения. Существуют варисторы, у которых увеличение напряжения всего в 2—3 раза сопровождается уменьшением сопротивления в несколько десятков раз. На схемах их обозначают в виде нелинейного саморегулирующегося резистора с латинской буквой U (напряжение) у излома знака саморегулирования (рис. 53,*д*).

В системах автоматики широко используют фоторезисторы — полупроводниковые резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием света. Условное графическое обозначение такого резистора состоит из базового символа, помещенного в круг (символ корпуса полупроводникового прибора), и знака фотоэлектрического эффекта — двух наклонных параллельных стрелок (см. рис. 37).

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы (от лат. condenso — уплотняю, сгущаю) — это радиоэлементы с сосредоточенной электрической емкостью, образуемой двумя или большим числом электродов (обкладок), разделенных диэлектриком (специальной тонкой бумагой, слюдой, керамикой и т. д.). Емкость конденсатора зависит от размеров (площади) обкладок, расстояния между ними и свойств диэлектрика.

Важным свойством конденсатора является то, что для переменного тока он представляет собой сопротивление, величина которого уменьшается с ростом частоты.

Как и резисторы, конденсаторы разделяют на конденсаторы постоянной емкости, конденсаторы переменной емкости (КПЕ), подстроечные и саморегулирующиеся. Наиболее распространены конденсаторы постоянной емкости. Их применяют в колебательных контурах, различных фильтрах, а также для разделения цепей постоянного и переменного токов и в качестве блокировочных элементов.

Конденсаторы постоянной емкости. Условное графическое обозначение конденсатора постоянной емкости — две параллельные линии — символизирует его основные части: две обкладки и диэлектрик между ними (рис. 54). Около обозначения конденсатора на схеме обычно указывают его номинальную емкость, а иногда и номинальное напряжение. Основная единица измерения емкости — фарад (Ф) — емкость такого уединенного проводника, потенциал которого возрастает на один вольт при увеличении заряда на один кулон. Это очень большая величина, которая на практике не применяется. В радиотехнике используют конденсаторы емкостью от долей пикофарада (пФ) до десятков тысяч микрофарад (мкФ). Напомним, что 1 мкФ равен одной миллионной доле фарада, а 1 пФ — одной миллионной доле микрофарада или одной триллионной доле фарада.

Согласно ГОСТ 2.702—75 номинальную емкость от 0 до 9 999 пФ указывают на схемах в пикофарадах без обозначения единицы измерения, от 10 000 пФ до 9 999 мкФ — в микрофарадах с обозначением единицы измерения буквами мк (рис. 55).

Номинальную емкость и допускаемое отклонение от нее, а в некоторых случаях и номинальное напряжение указывают на корпусах конденсаторов.

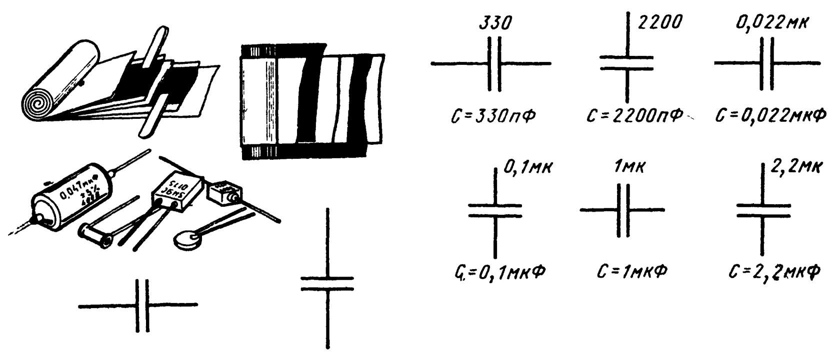


Рис. 54

Рис. 55

В зависимости от их размеров номинальную емкость и допускаемое отклонение указывают в полной или сокращенной (кодированной) форме. Полное обозначение емкости состоит из соответствующего числа и единицы измерения, причем, как и на схемах, емкость от 0 до 9 999 пФ указывают в пикофарадах (22 пФ, 3 300 пФ и т. д.), а от 0,01 до 9 999 мкФ — в микрофарадах (0,047 мкФ, 10 мкФ и т. д.). В сокращенной маркировке единицы измерения емкости обозначают буквами П (пикофарад), М (микрофарад) и Н (нанофарад; 1 нанофарад=1000 пФ=0,001 мкФ). При этом емкость от 0 до 100 пФ обозначают в пикофарадах, помещая букву П либо после числа (если оно целое), либо на месте запятой (4,7 пФ — 4П7; 8,2 пФ — 8П2; 22 пФ — 22П; 91 пФ — 91П и т. д.). Емкость от 100 пФ (0,1 нФ) до 0,1 мкФ (100 нФ) обозначают в нанофарадах, а от 0,1 мкФ и выше — в микрофарадах. В этом случае, если емкость выражена в долях нанофарада или микрофарада, соответствующую единицу измерения помещают на месте нуля и запятой (180 пФ=0,18 нФ — Н18; 470 пФ=0,47 нФ — Н47; 0,33 мкФ — М33; 0,5 мкФ — М50 и т. д.), а если число состоит из целой части и дроби — на месте запятой (1500 пФ=1,5 нФ — 1Н5; 6,8 мкФ — 6М8 и т. д.). Емкости конденсаторов, выраженные целым числом соответствующих единиц измерения, указывают обычным способом (0,01 мкФ — 10Н, 20 мкФ — 20М, 100 мкФ — 100М и т. д.). Для указания допускаемого отклонения емкости от номинального значения используют те же кодированные обозначения, что и для резисторов.

В зависимости от того, в какой цепи используют конденсаторы, к ним предъявляют и разные требования. Так, конденсатор, работающий в колебательном контуре, должен иметь малые потери на рабочей частоте, высокую стабильность емкости во времени и при изменении температуры, влажности, давления и т. д.

Потери в конденсаторах, определяемые в основном потерями в диэлектрике, возрастают при повышении температуры, влажности и частоты. Наименьшими потерями обладают конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики, со слюдяными и пленочными диэлектриками, наибольшими — конденсаторы с бумажным диэлектриком и из сегнетокерамики. Это обстоятельство необходимо учитывать при замене конденсаторов в радиоаппаратуре. Изменение емкости конденсатора под воздействием окружающей среды (в основном, ее температуры) происходит из-за изменения размеров обкладок, зазоров между ними и свойств диэлектрика. В зависимости от конструкции и примененного диэлектрика конденсаторы характеризуются различным температурным коэффициентом емкости (ТКЕ), который показывает относительное изменение емкости при изменении температуры на один градус; ТКЕ может быть положительным и отрицательным. По значению и знаку этого параметра конденсаторы разделяются на группы, которым присвоены соответствующие буквенные обозначения и цвет окраски корпуса.

Для сохранения настройки колебательных контуров при работе в широком интервале температур часто используют последовательное и параллельное соединение конденсаторов, у которых ТКЕ имеют разные знаки. Благодаря этому при изменении температуры частота настройки такого термокомпенсированного контура остается практически неизменной.

Как и любые проводники, конденсаторы обладают некоторой индуктивностью. Она тем больше, чем длиннее и тоньше выводы конденсатора, чем больше размеры его обкладок и внутренних соединительных проводников. Наи-

большей индуктивностью обладают бумажные конденсаторы, у которых обкладки выполнены в виде длинных лент из фольги, свернутых вместе с диэлектриком в рулон круглой или иной формы. Если не принято специальных мер, такие конденсаторы плохо работают на частотах выше нескольких мегагерц. Поэтому на практике для обеспечения работы блокировочного конденсатора в широком диапазоне частот параллельно бумажному подключают керамический или слюдяной конденсатор небольшой емкости.

Однако, существуют бумажные конденсаторы и с малой собственной индуктивностью. В них полосы фольги соединены с выводами не в одном, а во многих местах. Достигается это либо полосками фольги, вкладываемыми в рулон при намотке, либо смещением полос (обкладок) к противоположным концам рулона и пропайкой их (рис. 54).

Для защиты от помех, которые могут проникнуть в прибор через цепи питания и наоборот, а также для различных блокировок используют так называемые проходные конденсаторы. Такой конденсатор имеет три вывода, два из которых представляют собой сплошной токонесущий стержень, проходящий через корпус конденсатора. К этому стержню присоединена одна из обкладок конденсатора. Третьим выводом является металлический корпус, с которым соединена вторая обкладка. Корпус проходного конденсатора закрепляют непосредственно на шасси или экране, а токоподводящий провод (цепь питания) припаивают к его среднему выводу. Благодаря такой конструкции токи высокой частоты замыкаются на шасси или экран устройства, в то время как постоянные токи проходят беспрепятственно. На высоких частотах применяют керамические проходные конденсаторы, в которых роль одной из обкладок играет сам центральный проводник, а другой — слой металлизации, нанесенный на керамическую трубку. Эти особенности конструкции отражает и условное графическое обозначение проходного конденсатора (рис. 56). Наружную обкладку обозначают либо в виде короткой дуги (*а*), либо в виде одного (*б*) или двух (*в*) отрезков прямых линий с выводами от середины. Последнее обозначение используют при изображении проходного конденсатора в стенке экрана.

С той же целью, что и проходные, применяют опорные конденсаторы, представляющие собой своего рода монтажные стойки, устанавливаемые на металлическом шасси. Обкладку, соединяемую с ним, выделяют в обозначении такого конденсатора тремя наклонными линиями, символизирующими «заземление» (рис. 56,*г*).

Для работы в диапазоне звуковых частот, а также для фильтрации выпрямленных напряжений питания необходимы конденсаторы, емкость ко-

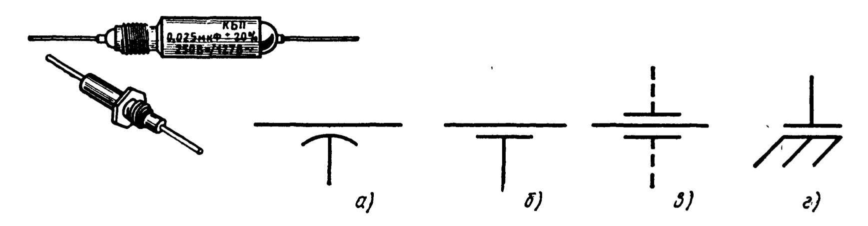


Рис. 56

торых измеряется десятками, сотнями и даже тысячами микрофарад. Такую емкость при достаточно малых размерах имеют оксидные конденсаторы (старое название — электролитические). В них роль одной обкладки (анода) играет алюминиевый или танталовый электрод, роль диэлектрика — тонкий оксидный слой, нанесенный на него, а роль другой обкладки (катода) — специальный электролит, выводом которого часто служит металлический корпус конденсатора. В отличие от других большинство типов оксидных конденсаторов полярны, т. е. требуют для нормальной работы поляризующего напряжения. Это значит, что включать их можно только в цепи постоянного или пульсирующего напряжения и только в той полярности (катод — к минусу, анод — к плюсу), которая указана на корпусе. Невыполнение этого условия приводит к выходу конденсатора из строя, что иногда сопровождается взрывом.

Полярность включения оксидного конденсатора показывают на схемах знаком «+», изображаемым у той обкладки, которая символизирует анод (рис. 57,*а*). Это общее обозначение поляризованного конденсатора. Наряду с ним специально для оксидных конденсаторов ГОСТ 2.728—74 установил символ, в котором положительная обкладка изображается узким прямоугольником (рис. 57,*б*), причем знак «+» в этом случае можно не указывать.

В схемах радиоэлектронных приборов иногда можно встретить обозначение оксидного конденсатора в виде двух узких прямоугольников (рис. 57,*в*). Это символ неполярного оксидного конденсатора, который может работать в цепях переменного тока (т. е. без поляризующего напряжения).

Оксидные конденсаторы очень чувствительны к перенапряжениям, поэтому на схемах часто указывают не только их номинальную емкость, но и номинальное напряжение.

С целью уменьшения размеров в один корпус иногда заключают два конденсатора, но выводов делают только три (один — общий). Условное обозначение сдвоенного конденсатора наглядно передает эту идею (рис. 57,*г*).

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ). Конденсатор переменной емкости состоит из двух групп металлических пластин, одна из которых может плавно перемещаться по отношению к другой. При этом движении пластины подвижной части (ротора) обычно вводятся в зазоры между пластинами неподвижной части (статора), в результате чего площадь перекрытия одних пластин другими, а следовательно, и емкость изменяются. Диэлектриком в КПЕ чаще всего служит воздух. В малогабаритной аппаратуре, например в транзисторных карманных приемниках, широкое применение нашли КПЕ с твердым диэлектриком, в качестве которого используют пленки из износостойких высокочастотных диэлектриков (фторопласта, полиэтилена и т. п.). Параметры КПЕ с твердым диэлектриком несколько хуже, но зато они значительно

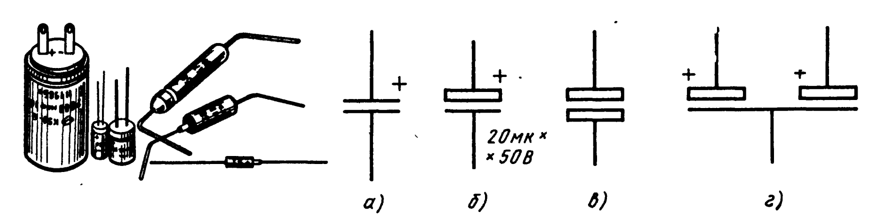


Рис. 57

дешевле в производстве и размеры их намного меньше, чем КПБ с воздушным диэлектриком.

С условным обозначением КПЕ мы уже встречались (см. рис. 2 и 29) — это символ конденсатора постоянной емкости, перечеркнутый знаком регулирования. Однако из этого обозначения не видно, какая из обкладок символизирует ротор, а какая — статор. Чтобы показать это на схеме, ротор изображают в виде дуги (рис. 58).

Основными параметрами КПЕ, позволяющими оценить его возможности при работе в колебательном контуре, являются минимальная и максимальная емкость, которые, как правило, указывают на схеме рядом с символом КПЕ.

В большинстве радиоприемников и радиопередатчиков для одновременной настройки нескольких колебательных контуров применяют блоки КПЕ, состоящие из двух, трех и более секций. Роторы в таких блоках закреплены на одном общем валу, вращая который можно одновременно изменять емкость всех секций. Крайние пластины роторов часто делают разрезными (по радиусу). Это позволяет еще на заводе отрегулировать блок так, чтобы емкости всех секций были одинаковыми в любом положении ротора.

Конденсаторы, входящие в блок КПЕ, на схемах изображают каждый в отдельности. Чтобы показать, что они объединены в блок, т. е. управляются одной общей ручкой, стрелки, обозначающие регулирование, соединяют штриховой линией механической связи, как показано на рис. 59. При изображении КПЕ блока в разных, далеко отстоящих одна от другой частях схемы механическую связь не показывают, ограничиваясь только соответствующей нумерацией секций в позиционном обозначении (рис. 59, секции C1.1, C1.2 и C1.3).

В измерительной аппаратуре, например в плечах емкостных мостов, находят применение так называемые дифференциальные (от лат. differentia — различие) конденсаторы. У них две группы статорных и одна — роторных пластин, расположенные так, что когда роторные пластины выходят из зазоров между пластинами одной группы статора, они в то же время входят между пластинами другой. При этом емкость между пластинами первого статора и пластинами ротора уменьшается, а между пластинами ротора и второго статора увеличивается. Суммарная же емкость между ротором и обоими статорами остается неизменной. Такие конденсаторы изображают на схемах, как показано на рис. 60.

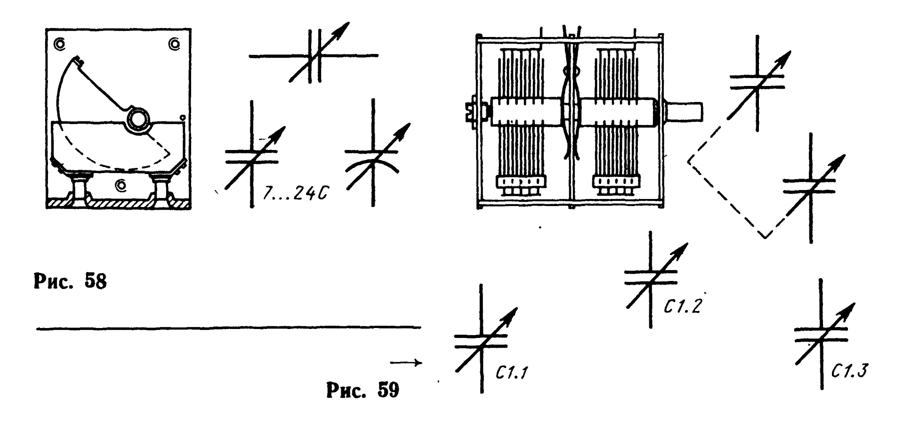


Рис. 58

Рис. 59

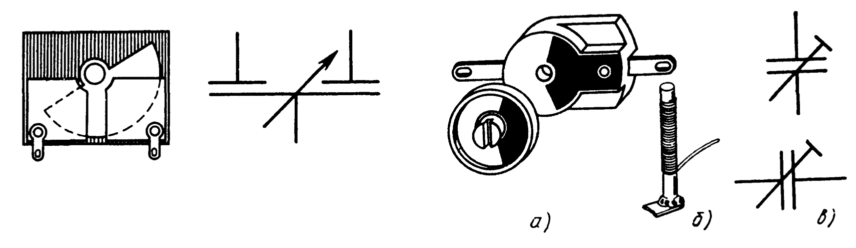


Рис. 60 Рис. 61

Подстроечные конденсаторы. Для установки начальной емкости колебательного контура, определяющей максимальную частоту его настройки, применяют подстроечные конденсаторы, емкость которых можно изменять от единиц пикофарад до нескольких десятков пикофарад (иногда и более). Основное требование к ним — плавность изменения емкости и надежность фиксации ротора в установленном при настройке положении. Оси подстроечных конденсаторов (обычно короткие) имеют шлиц, поэтому регулирование их емкости возможно только с применением инструмента (отвертки). В радиовещательной аппаратуре наиболее широко применяют конденсаторы с твердым диэлектриком.

Конструкция керамического подстроечного конденсатора (КПК) одного из наиболее распространенных типов показана на рис. 61,*а*. Он состоит из керамического основания (статора) и подвижно закрепленного на нем керамического диска (ротора). Обкладки конденсатора — тонкие слои серебра — нанесены методом вжигания на статор и наружную сторону ротора. Емкость изменяют вращением ротора. В простейшей аппаратуре применяют иногда проволочные подстроечные конденсаторы. Такой элемент состоит из отрезка медной проволоки диаметром 1 ... 2 и длиной 15 ... 20 мм, на который плотно, виток к витку, намотан изолированный провод диаметром 0,2 ... 0,3 мм (рис. 61,*б*). Емкость изменяют отматыванием провода, а чтобы обмотка не сползла, ее пропитывают каким-либо изоляционным составом (лаком, клеем и т. п.).

Подстроечные конденсаторы обозначают на схемах основным символом, перечеркнутым знаком подстроечного регулирования (рис. 61,*в*).

Саморегулируемые конденсаторы. Используя в качестве диэлектрика специальную керамику, диэлектрическая проницаемость которой сильно зависит от напряженности электрического поля, можно получить конденсатор, емкость которого зависит от напряжения на его обкладках. Такие конденсаторы получили название варикондов (от английских слов vari(able) — переменный и cond(enser) — конденсатор). При изменении напряжения от нескольких вольт до номинального емкость вариконда изменяется в 3—6 раз. Вариконды можно использовать в различных устройствах автоматики, в генераторах качающейся частоты, модуляторах, для электрической настройки колебательных контуров и т. д.

Условное обозначение вариконда — символ конденсатора со знаком нелинейного саморегулирования и латинской буквой U (рис. 62,*а*).

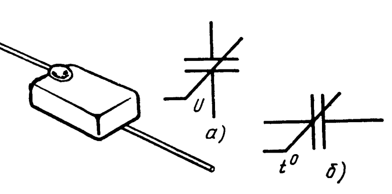


Рис. 62

Аналогично построено обозначение термоконденсаторов, применяемых в электронных наручных часах. Фактор, изменяющий емкость такого конденсатора — температуру среды — обозначают символом t° (рис. 62,*б*).

КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ДРОССЕЛИ

К числу элементов, без которых невозможно построить радиоприемник, телевизор, магнитофон и многие другие радиоприборы, относятся катушки и дроссели. Их важнейшей характеристикой является индуктивность. В цепях переменного тока катушки и дроссели ведут себя как резисторы, сопротивление которых растет с увеличением частоты.

Индуктивность измеряют в генри (Гн), миллигенри (1 мГн $=10^{-3}$ Гн), микрогенри (1 мкГн $=10^{-6}$ Гн) и наногенри (1 нГн $=10^{-9}$ Гн).

Одно из первых условных обозначений катушки напоминало рисунок спирали из провода, которым намотана катушка. Позже витки катушек стали изображать в виде пересекающихся дуг окружностей. ГОСТ 7624—62 установил новое обозначение, построенное из нескольких полуокружностей, соприкасающихся концами (рис. 63). В ГОСТ 2.723—68, входящем в ЕСКД, это обозначение сохранено, однако для обеспечения соответствующих пропорций в размерах символа и большей выразительности его в сочетании с другими обозначениями установлено определенное число полуокружностей, равное четырем.

Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах радиовещательных приемников, в зависимости от диапазона частот составляет от долей и единиц микрогенри (УКВ и КВ) до нескольких миллигенри (ДВ).

В радиоприемной и радиопередающей аппаратуре нередко применяют катушки с регулируемой индуктивностью, являющиеся основным органом настройки колебательного контура в широком диапазоне частот. Часть витков такой катушки наматывают на каркасе большего диаметра, а другую часть — на каркасе меньшего диаметра. Малую катушку помещают внутрь большой и закрепляют на валике, ось которого перпендикулярна оси большой катушки, а выводы обмоток соединяют последовательно. При повороте валика взаимное влияние катушек изменяется, а в результате изменяется и индуктивность. Такие устройства получили название вариометров. На схемах их изображают двумя символами катушек, расположенными параллельно или перпендикулярно один

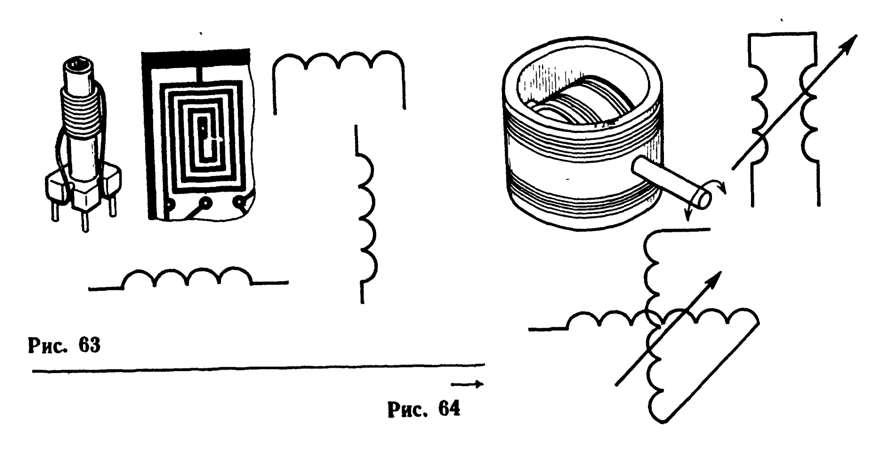


Рис. 63

Рис. 64

другому. Изменение индуктивности показывают знаком регулирования, пересекающим оба символа (рис. 64).

В антенных контурах коротковолновых передатчиков и специальных приемников УКВ применяют вариометры с переменным числом витков. Такой вариометр состоит из цилиндрического или конического каркаса со спиральной канавкой, в которую уложен провод катушки. К выступающей над каркасом части провода прижимается контактный ролик или пружиииящая щетка, которые при вращении катушки скользят по виткам и перемещаются в плоскости, параллельной образующей цилиндра или конуса. Таким образом, в контур оказывается возможным ввести необходимое число витков, т. е. получить нужную индуктивность.

В условном обозначении вариометра подобной конструкции ролик или щетку изображают в виде стрелки, острие которой касается выпуклой части полуокружности основного символа (рис. 65).

Вариометры характеризуются плавным изменением индуктивности. Для ее ступенчатого изменения, а также в некоторых других случаях у катушек делают отводы. Условные обозначения катушек с отводами показаны на рис. 66.

Важным параметром, характеризующим качество катушек, является добротность, численно равная отношению ее индуктивного сопротивления переменному току данной частоты к сопротивлению постоянному току. Чтобы увеличить добротность, пользуются разными конструктивными приемами, но наибольший эффект дает введение в катушку магнитопровода (сердечника) из специального магнитного материала.

При внесении магнитопровода в катушку силовые линии магнитного поля концентрируются в магнитопроводе, так как его сопротивление магнитному потоку значительно меньше, чем воздуха. В результате магнитный поток, а следовательно, и индуктивность катушки увеличиваются в несколько раз, что позволяет уменьшить число витков, а значит, и сопротивление катушки постоянному току. Кроме того, используя магнитопроводы, удается значительно уменьшить размеры катушек и очень простым способом (перемещением магнитопровода) осуществить регулировку их индуктивности.

Поскольку катушки с магнитопроводами обычно работают в цепях переменного тока (исключение — катушки электромагнитных реле и некоторые другие), применять сплошные магнитопроводы из обычных магнитных материалов нельзя. Под действием переменного магнитного поля в сплошном магнитопроводе, который можно рассматривать как множество короткозамкнутых витков, возникают так называемые вихревые токи, которые нагревают магнитопровод, бесполезно потребляя часть энергии магнитного поля. Чтобы уменьшить эти потери, магнитопроводы катушек, работающих в диапазоне звуковых частот, набирают из отдельных тонких изолированных пластин, изготовленных из специальных электромеханических сталей или пермаллоя.



Рис. 65 Рис. 66

В области радиочастот стальные магнитопроводы, даже набранные из очень тонких пластин, неприменимы, так как потери на вихревые токи в них недопустимо велики. Магнитопроводы для катушек, предназначенных для работы на радиочастотах, изготовляют из специальных материалов: магнитодиэлектриков и ферритов. В магнитодиэлектриках мельчайшие частички вещества, содержащего в своем составе железо, равномерно распределены в массе какого-либо диэлектрика (бакелита, стирола, аминопласта). Наиболее широко применяют магнитопроводы из альсифера (сплав алюминия, кремния и железа) и карбонильного железа.

Ферриты, получившие широкое распространение в последние три десятилетия, представляют собой твердые растворы окислов металлов или их солей, прошедшие специальную термическую обработку (обжиг). Получающееся при этом вещество — полупроводниковая керамика — обладает очень хорошими магнитными свойствами и малыми потерями даже на очень высоких частотах.

До введения ГОСТ 2.723—68 магнитопроводы из магнитодиэлектриков и ферритов обозначали на схемах одинаково—утолщенной штриховой линией (рис. 67,*а*). Стандарт ЕСКД оставил этот символ для магнитопроводов из магнитодиэлектрика, а для ферритовых ввел обозначение, применявшееся ранее только для магнитопроводов низкочастотных дросселей и трансформаторов — сплошную жирную линию (рис. 67,*б*). Опасения некоторых специалистов, что одинаковые обозначения катушек с магнитопроводами из стали и феррита затруднят чтение схем не подтвердились. Дело в том, что при изучении схем обращают внимание не только на символы отдельных элементов, но и на то, как они соединены между собой в той или иной функциональной группе, какое место в цепи преобразования сигнала эти группы занимают. И если, например, каскад радиочастотный, то катушку со сплошным магнитопроводом нельзя спутать с низкочастотным дросселем. Согласно последней редакции ГОСТ 2.723—68 (март 1983 г.) магнитопроводы катушек изображают линиями нормальной толщины (рис. 67,*в*).

Желая показать на схеме катушку, индуктивность которой можно изменять с помощью магнитопровода, в ее условное обозначение вводят знак подстроечного регулирования. Сделать это можно двумя способами: либо пересекая этим знаком обозначения катушки и магнитопровода (если он изображен

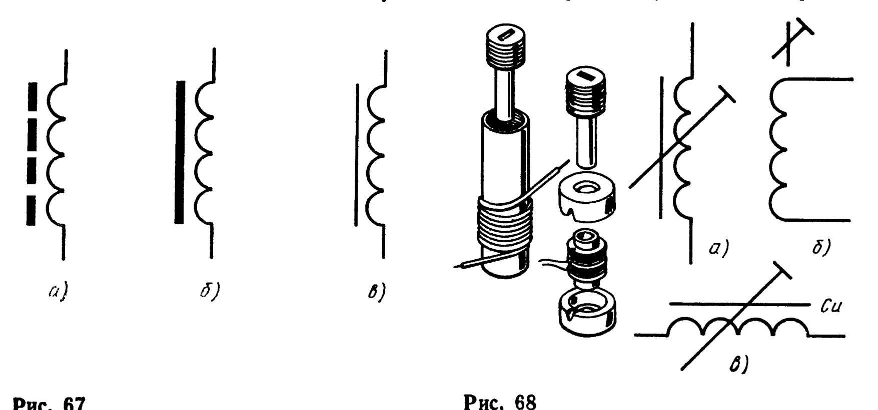


Рис. 67 Рис. 68

сбоку от символа катушки — см. рис. 68,*а*), либо только магнитопровода (если он изображен над символом катушки — см. рис. 68,*б*).

Для подстройки катушек на частотах выше 15...20 МГц часто применяют магнитопроводы из так называемых немагнитных материалов (меди, алюминия и т. п.). Возникающие в таком магнитопроводе под действием магнитного поля катушки вихревые токи создают свое поле, противодействующее основному, в результате чего индуктивность катушки уменьшается. Немагнитный магнитопровод-подстроечник обозначают так же, как и ферритовый, но рядом указывают химический символ металла, из которого он изготовлен (в обозначении катушки, показанном на рис. 68,*в*, изображен подстроечник, изготовленный из меди).

ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор — это устройство, преобразующее переменные напряжения и токи. Простейший трансформатор содержит две индуктивно связанные (т. е. расположенные достаточно близко одна к другой) катушки (обмотки). Эту конструктивную особенность, как и в случае с вариометром, показывают, располагая символы обмоток рядом, параллельно один другому (рис. 69). В радиочастотной технике обмотки трансформаторов нередко являются элементами колебательных контуров и фильтров, поэтому на схемах им присваивают буквенное обозначение катушек индуктивности L. Необходимое для обеспечения работоспособности некоторых устройств фазирование обмоток (т. е. порядок подключения выводов) показывают жирными точками, обозначающими их начало (рис. 69,*а*).

Радиочастотные трансформаторы могут быть как с магнитопроводами, так и без них. Если магнитопровод общий для всех обмоток, его изображают между их символами (рис. 69,*б*), а если каждая из них имеет свой магнитопровод — над ними (рис. 69,*в*). Возможность подстройки индуктивности изменением его положения показывают знаком подстроечного регулирования, пересекая им либо только обозначение магнитопровода (рис. 69,*в*), либо и его, и символы обмоток (рис. 69,*г*). Если же необходимо показать регулируемую индуктивную связь между обмотками, их символы пересекают знаком регулирования (рис. 69,*д*).

В трансформаторах звуковой и промышленной частоты применяют стержневые, броневые и тороидальные магнитопроводы. Каждый из них может быть выполнен либо из отдельных пластин определенной формы, либо из ленты, согнутой в виде спирали, витки которой прочно соединены между собой. Посколь-

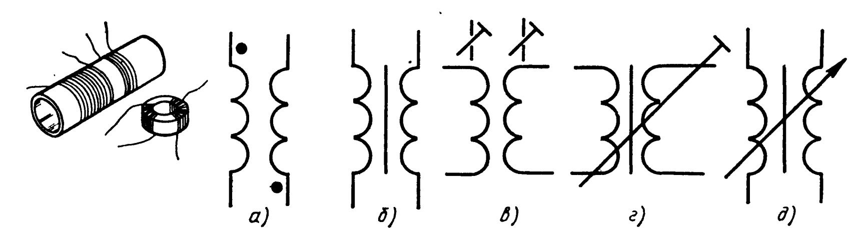


Рис. 69

ку обмотки удобнее наматывать без магнитопровода, пластины его составляют из двух стыков. Для уменьшения магнитного сопротивления в местах стыков пластины при сборке трансформатора укладывают таким образом, чтобы места стыка пластин каждого предыдущего слоя перекрывались пластинами последующего.

На схемах трансформаторы промышленной и звуковой частоты обозначают так же, как и радиочастотные с ферритовым магнитопроводом (рис. 70). Символы обмоток обычно нумеруют римскими цифрами, а иногда присваивают условные номера их выводам (или нумеруют в соответствии с маркировкой на самом трансформаторе).

Если предполагается, что через обмотку трансформатора или дросселя, помимо переменного, будет протекать и постоянный ток (выходные трансформаторы в однотактных усилителях мощности звуковой частоты, межкаскадные согласующие трансформаторы, дроссели фильтров питания), пластины магнитопровода собирают встык, оставляя немагнитный зазор между его частями по всей толщине пакета. Делают это для того, чтобы увеличить магнитное сопротивление магнитопровода и тем самым предотвратить его насыщение полем постоянного тока. Магнитопровод с таким зазором обозначают не сплошной линией, а с разрывом в середине (рис. 71).

Некоторые устройства, питающиеся от сети переменного тока (коллекторные электродвигатели, сварочные аппараты), создают интенсивные помехи, которые могут проникнуть через сеть и силовой трансформатор в радиоприбор и нарушить его нормальную работу. Для ослабления этих помех между первичной (сетевой) и остальными обмотками помещают электростатический экран, представляющий собой незамкнутый виток из полоски медной или алюминиевой фольги или один слой изолированного провода. Вывод экрана соединяют с шасси или с общим проводом (корпусом) прибора. На условном обозначеии трансформатора экран изображают штриховой линией, параллель-

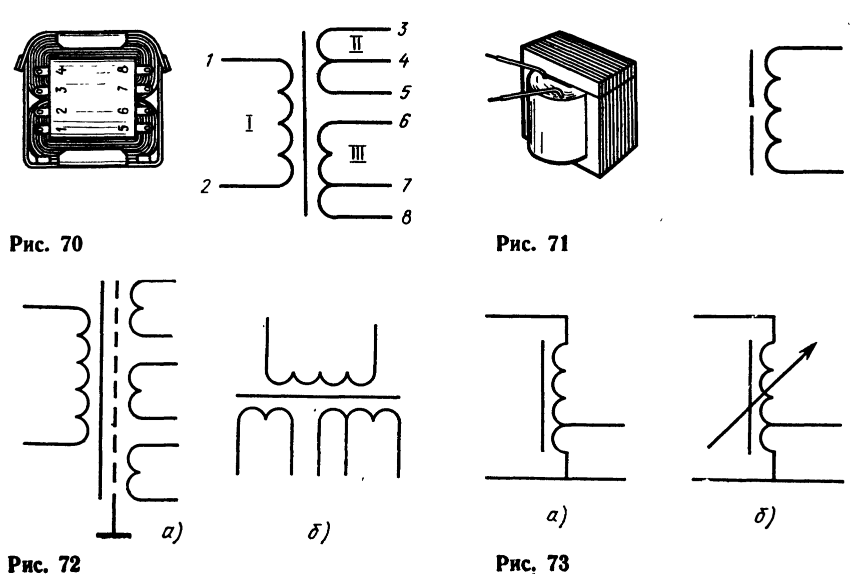


Рис. 70

Рис. 71

Рис. 72

Рис. 73

ной символу магнитопровода, со знаком корпуса прибора на конце (рис. 72,*а*). Условное обозначение трансформатора допускается изображать повернутым на угол 90° (рис. 72,*б*).

Для преобразования напряжений и токов применяют также автотрансформаторы. В отличие от трансформаторов они имеют всего одну обмотку с одним или несколькими отводами, необходимые напряжения снимают с одного из концов обмотки и соответствующего отвода. На схемах их обозначают, как и катушки с отводами (рис. 73,*а*). Возможность плавного регулирования снимаемого с автотрансформатора напряжения показывают знаком регулирования (рис. 73,*б*).

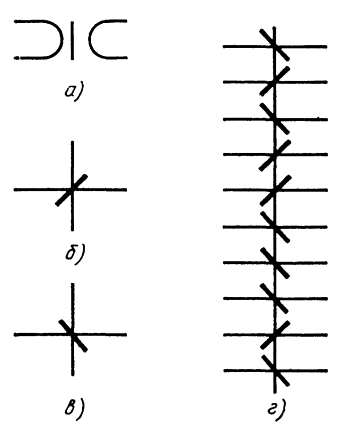


Рис. 74

Согласно ГОСТ 2.723—68, число полуокружностей в символах обмоток трансформаторов может быть любым, но, как правило, не менее двух. Исключение составляют применяемые в вычислительной технике ферромагнитные элементы, запоминающие трансформаторы, элементы памяти. Такой элемент обычно представляет собой кольцевой ферритовый магнитопровод с несколькими обмотками. Если их всего две, ферромагнитный элемент обозначают, как показано на рис. 74,*а*, где полуокружности с продолжающими их линиями-выводами символизируют обмотки, а вертикальная линия между ними — магнитопровод. Если же число обмоток и магнитопроводов в устройстве велико, их допускается изображать, как показано на рис. 74,*б* и *в*. Здесь вертикальная линия обозначает магнитопровод, горизонтальная — линию электрической связи между обмотками, наклонная черточка — обмотку. Черточка, наклоненная под углом 45° влево (рис. 74,*б*), означает, что с линией электрической связи эта обмотка соединена своим началом, а под таким же углом вправо (рис. 74,*в*) — своим концом. При этом условно считают, что положительный импульс, проходящий в направлении слева направо, в первом случае перемагничивает магнитопровод в состояние логической 1, а во втором — в состояние логического 0. С учетом сказанного нетрудно в символе, изображенном на рис. 74,*г*, распознать обозначение запоминающего трансформатора с 10 обмотками, из которых 2, 4, 5 и 9-я перемагничивают магнитопровод в состояние логической 1, а 1, 3, 6, 7, 8 и 10-я — в состояние логического 0.

КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Коммутационные устройства — это большая группа элементов электро- и радиоаппаратуры, предназначенных для включения, выключения и переключения различных электрических цепей (выключатели, переключатели, реле и т. п.). Любой из этих элементов содержит одну или несколько групп контактов и механизм, с помощью которого они могут быть замкнуты или разомкнуты.

Условные графические обозначения подавляющего большинства выключателей, переключателей и реле построены на основе базовых символов замыкающего, размыкающего и переключающего контактов и их разновидностей.

Выключатели используют для соединения и разъединения электрических цепей. У этих изделий два рабочих положения: «включено» и «выключено». Соединение и разъединение цепи (замыкание и размыкание) осуществляется подвижным контактом, который либо постоянно соединен с одним из неподвижных контактов, а с другим соединяется при установке ручки переключателя в положение «включено», либо выполнен в виде перемычки, соединяющей неподвижные контакты в этом же положении. Однако независимо от конструкции коммутационного узла замыкающий контакт изображают на схемах одинаково — в виде наклонной линии в разрыве линии электрической связи (рис. 75).

В отличие от замыкающего контакта, который всегда показывают в разомкнутом положении, размыкающий контакт изображают в замкнутом положении. ГОСТ 2.755—74 устанавливает три равноправных символа такого контакта (рис. 76), однако в пределах одной схемы рекомендуется пользоваться каким-либо одним из них. Направление движения подвижного контакта (как размыкающего, так и замыкающего) из начального положения в конечное стандарт не устанавливает (за исключением случаев, о которых будет сказано далее).

Сложные выключатели, предназначенные для одновременной коммутации нескольких электрических цепей, могут содержать несколько замыкающих или размыкающих контактов или их комбинации. При совмещенном изображении такого выключателя (т. е. в одном месте схемы) линии, обозначающие подвижные контакты, изображают параллельно одна другой и соединяют символом механической связи — двумя сплошными линиями. Символы двух таких выключателей приведены на рис. 77. Первый из них (рис. 77,*а*) содержит два замыкающих контакта. Им можно включить (замкнуть) две электрические цепи, например оба провода сетевого питания прибора или по одному проводу в цепях питания сразу двух приборов. С помощью второго выключателя (рис. 77,*б*) можно, например, включить питание измерительного прибора и одновременно разомкнуть чувствительный стрелочный измеритель тока, зажимы которого во

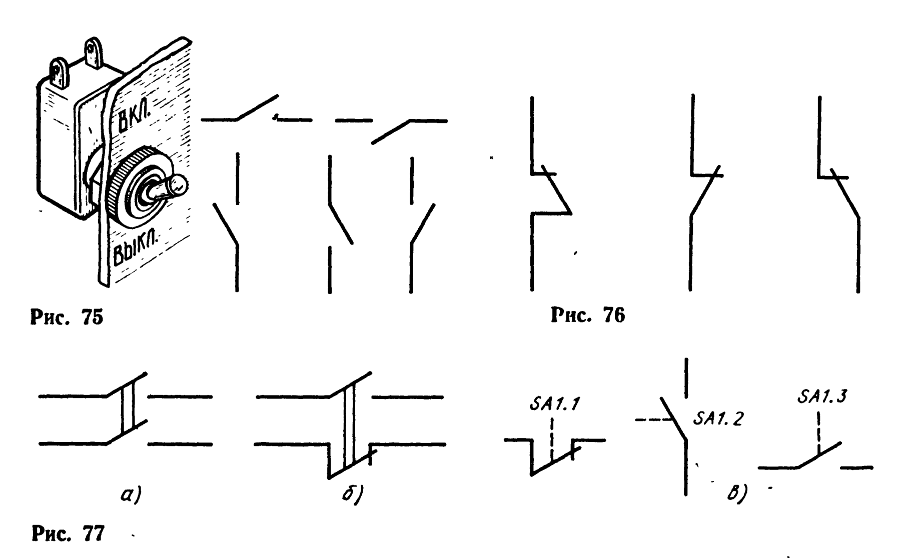


Рис. 75

Рис. 76

Рис. 77

избежание повреждения от действия сильных внешних магнитных полей должны быть замкнуты, когда прибор выключен.

Если по каким-либо причинам контактные группы сложного выключателя приходится изображать в разных частях схемы, каждый из символов подвижных контактов снабжают отрезком штриховой линии механической связи, а принадлежность к одному изделию указывают в позиционном обозначении (рис. 77,*в*, контактные группы SA1.1, SA1.2 и SA1.3 принадлежат выключателю SA1).

Говоря о символах замыкающего и размыкающего контактов, мы имели в виду, что их подвижные части могут быть зафиксированы как в замкнутом, так и в разомкнутом положениях. Однако есть выключатели, у которых в одном из этих положений контакты не фиксируются, т. е. после устранения действующей на них силы они возвращаются в исходное состояние. Такие контакты изображают на схемах иначе. Если хотят показать, что контакт не фиксируется в замкнутом положении, на конце линии электрической связи, символизирующем неподвижный контакт, изображают небольшой треугольник, вершина которого как бы отталкивает символ подвижного контакта (рис. 78,*а*). Аналогично поступают и с символом размыкающего контакта, не фиксирующегося в разомкнутом положении (рис. 78,*б*).

Среди выключателей есть и такие, у которых один подвижный контакт может одновременно замыкать или размыкать две электрические цепи. Символы такого контакта наглядно передают эту идею (рис. 79,*а* — контакт с двойным замыканием, рис. 79,*б* — с двойным размыканием).

Стандарт ЕСКД предусматривает обозначение и таких особенностей выключателей, как неодновременность срабатывания контактов в группе, наличие фиксации в замкнутом или разомкнутом положении контактов выключателей, управляемых кнопками (имеется в виду, что в обычном исполнении такие коммутационные изделия не имеют фиксации), чувствительность к воздействию внешних факторов и т. д.

Отличительным признаком контакта, срабатывающего раньше остальных, является короткая черточка на конце символа подвижного контакта, направленная в сторону его движения при срабатывании. Обозначение срабатывающего с опережением замыкающего контакта показано на рис. 80,*а*, размыкающего — на рис. 80,*б*. Если же необходимо указать, что контакт, наоборот, срабатывает позже других в группе, черточку направляют в противоположную сторону (рис. 80,*в*, *г*).

Символы контактов без самовозврата после срабатывания используют в обозначениях кнопочных выключателей, поэтому, кроме знака отсутствия самовозврата (небольшой кружок на символе неподвижного контакта) в них

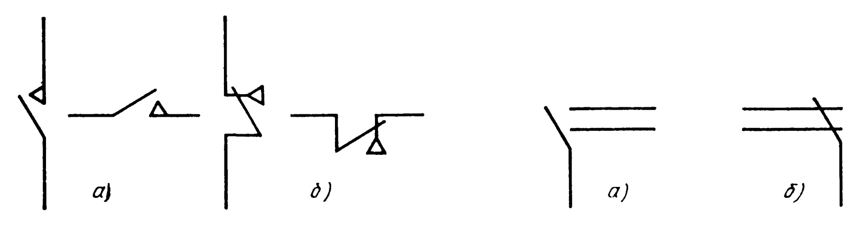


Рис. 78 **Рис. 79**

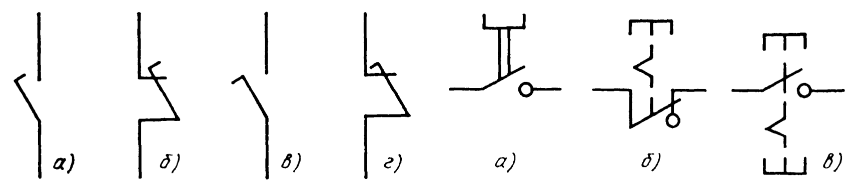


Рис. 80 **Рис. 81**

вводят и символ ручного привода — кнопки (см. рис. 39). Для примера на рис. 81,*а* приведено условное обозначение кнопочного выключателя с возвратом в исходное положение путем вытягивания кнопки, на рис. 81,*б* — с возвратом посредством повторного нажатня на кнопку, а на рис. 81,*в* — с возвратом посредством отдельного привода, например нажатием специальной кнопкн «Сброс».

Признаком контактов, автоматически возвращающнхся в исходное положение при перегрузке цепи или превышении допустимых пределов изменения внешних факторов (например, температуры), является знак в виде небольшого прямоугольника на символе подвижного контакта. Физическую величину, под действием которой контакт возвращается в исходное положение, обозначают общепринятым буквенным символом и математическим знаком «>» (больше) или «<» (меньше). Так, если рядом с обозначением контакта помещена надпись «U>» (см. рис. 82,*а*), то это означает, что он реагирует на превышение напряжения сверх допустимого уровня, а этот же буквенный символ со знаком «<» указывает на чувствительность контакта к уменьшению напряжения ниже установленного значения (рис. 82,*б*). Аналогично обозначают и свойство контакта срабатывать при превышении максимально допустимой температуры (рис. 82,*в*).

Буквенный код изделий этой группы (как, впрочем, и переключателей) в позиционном обозначении определяется коммутируемой цепью и конструктивным исполнением выключателя (вернее, способом управления). Если выключатель применен в цепи управления, сигнализации, измерения и т. д., его обозначают латинской буквой S, а если в цепи питания, — буквой Q. Способ управления находит отражение во второй букве кода: кнопочные выключатели и переключатели обозначают буквой B (SB), автоматические (см. далее) — буквой F (SF), все остальные — буквой A (SA).

Переключатели — это устройства, коммутирующие одну или несколько цепей на несколько других. Условное графическое обозначение переключающего

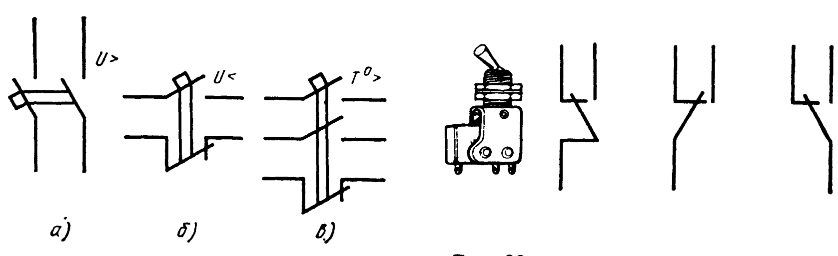


Рис. 82 **Рис. 83**

контакта, по сути, состоит из комбинации символов замыкающего и размыкающего контактов (рис. 83), при этом также имеется в виду, что подвижный контакт фиксируется в обоих крайних положениях.

Символ подвижного контакта переключателя с фиксацией не только в крайних, но и в среднем (нейтральном) положении изображают между обозначениями неподвижных контактов (на одинаковом расстоянии от них) и выделяют жирной точкой (рис. 84,*а*). Если необходимо показать контакт с фиксацией в нейтральном и одном из крайних положений или без фиксации в крайних положениях, один или оба символа неподвижных контактов снабжают треугольниками (рис. 84,*б*).

В некоторых случаях применяют переключатели с безобрывным переключением. При переводе такого переключателя из одного положения в другое подвижный контакт не разрывает цепи, соответствующей предыдущему положению, до тех пор, пока не соединит новую цепь. Контакт с безобрывным переключением изображают с короткой черточкой на конце (рис. 84,*в*).

Другие особенности переключающих контактов (срабатывание с опережением или запаздыванием, отсутствие самовозврата и т. п.) указывают теми же знаками, что и у замыкающих и размыкающих контактов. Символы многоконтактных переключателей строят на базе соответствующих переключающих контактов, соединяя их линиями механической связи (рис. 85).

Сложные переключатели характеризуют числом положений и направлений (под последним понимают число независимых коммутируемых цепей, обычно равное числу подвижных контактов). Конструкция таких переключателей может быть самой различной. Например, широко применяемые в радиоприборах галетные переключатели состоят из одной или нескольких галет и фиксирующего механизма. Каждая галета, в свою очередь, состоит из двух частей: неподвижной (статора), закрепленной на основании фиксирующего механизма, и подвижной (ротора). На статоре закреплены 12 пружинящих неподвижных контактов, часть из которых (от одного до четырех) длиннее остальных, а на роторе — в зависимости от числа положений — от одного до четырех контактов в форме кольца или секторов с выступами. Удлиненные контакты статора постоянно соединены с подвижными контактами ротора, остальные соединяются с ними при переводе ротора из одного положения в другое. В зависимости от

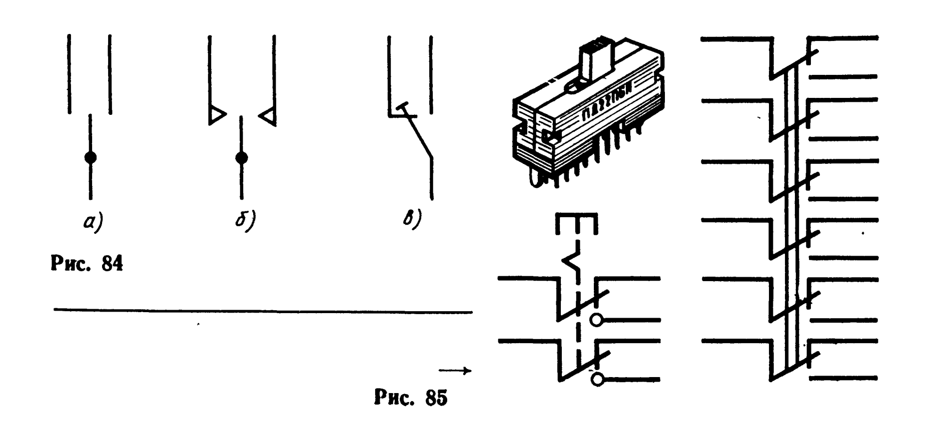


Рис. 84

Рис. 85

числа галет и подвижных контактов переключатель может иметь разное число положений и направлений.

На схемах переключатели такого типа изображают, как показано из рис. 86,*а*. Здесь символ в виде длинной линии с изломом на левом конце обозначает вывод подвижного контакта, перечеркивающая ее короткая линия — сам подвижный контакт, а расположенные напротив нее концы линий электрической связи — неподвижные контакты, число которых равно числу положений переключателя. Если переключатель на несколько направлений, число таких контактных групп соответственно увеличивают, изображая их одну под другой (рис. 86,*б*) или рядом (рис. 86,*в*). При расположении символов контактных

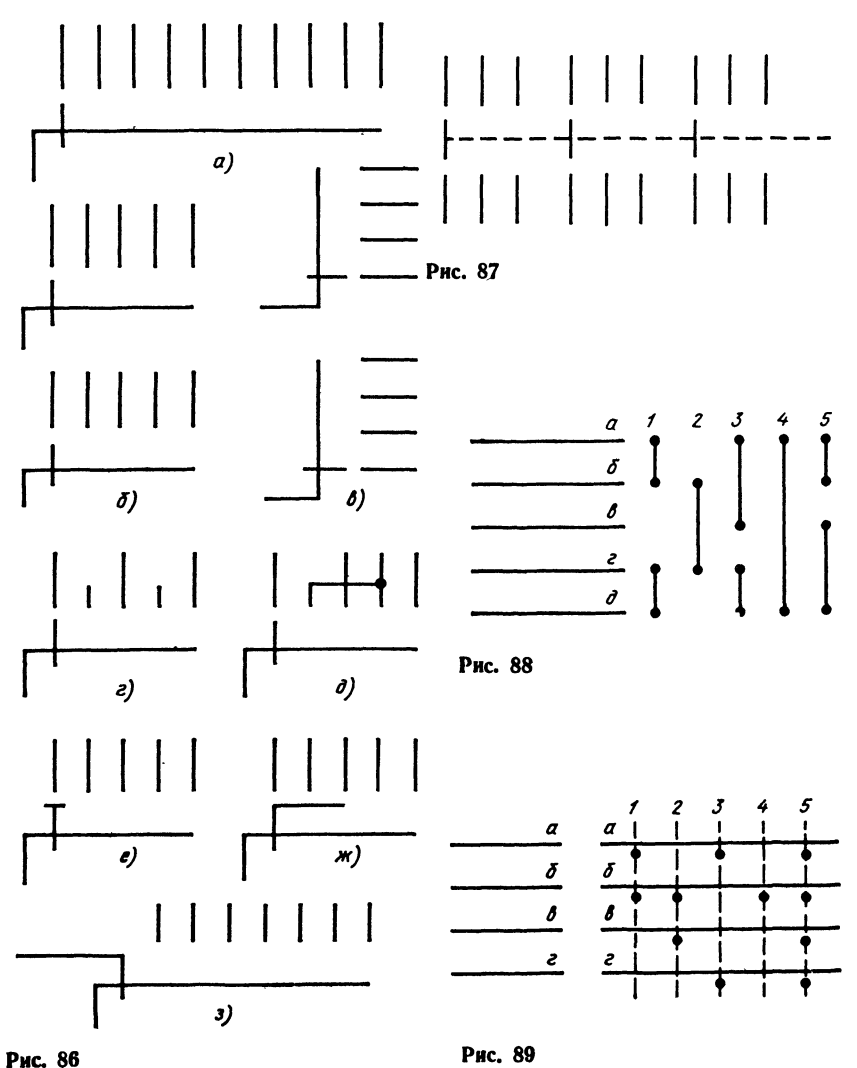


Рис. 86

Рис. 87

Рис. 88

Рис. 89

групп в разных участках схемы их принадлежность к одному коммутационному устройству, как и в ранее рассмотренных случаях, указывают соответствующей нумерацией в позиционных обозначениях (например, SA1.1, SA1.2 и т. д.).

В положениях, в которых подвижный контакт не должен соединяться ни с какой цепью, символ соответствующего неподвижного контакта укорачивают (рис. 86,*г*). Точно так же поступают и в том случае, если несколько неподвижных контактов соединены вместе (рис. 86,*д*). Подвижный контакт с безобрывным переключением цепей выделяют короткой черточкой (рис. 86,*е*).

Встречаются переключатели, у которых подвижный контакт соединяется сразу с несколькими неподвижными контактами. Эту особенность коммутации показывают линией на конце символа подвижного контакта, «охватывающей» соответствующее число символов неподвижных контактов. Для примера на рис. 86,*ж* изображен переключатель, у которого одновременно замыкаются три соседние цепи в каждом положении. Если же подобный переключатель в каждом последующем положении подключает параллельную цепь к цепям, замкнутым в предыдущем положении, символ подвижного контакта видоизменяют, как показано на рис. 86,*з*.

Среди галетных переключателей есть такие, у которых подвижные контакты представляют собой тонкие валики, соединяющие концами пары неподвижных контактов каждый в своей группе (переключатели независимых цепей). Эту особенность конструкции наглядно отражает и условное обозначение такого переключателя, где символ подвижного контакта — короткая черточка — изображен между символами неподвижных контактов (рис. 87).

В практике можно встретить переключатели (например, кулачковые), одни и те же контакты которых многократно замыкаются и размыкаются в зависимости от положения ручки управления. Изобразить такой коммутационный узел, пользуясь базовыми символами замыкающего, размыкающего и переключающего контактов, очень трудно, поэтому в подобных случаях ГОСТ 2.755—74 рекомендует иные способы построения обозначений переключателей. Два из них иллюстрируют рис. 88 и 89. На первом из них изображен переключатель на пять положений (они обозначены цифрами 1—5; буквы *а*—*д* введены только для пояснения описания его работы). В этом переключателе соединение цепей *а*—*д* между собой показывают отрезки перпендикулярных им линий с жирными точками на концах (символы электрического соединения). В положении 1 (линии-соединители напротив цепей *а*, *б* и *г*, *д*) переключатель соединяет цепи *а* и *б*, *г* и *д*, в положении 2 — цепи *б* и *г*, в положении 3 — *а* и *в*, *г* и *д*, в положении 4 — *а* и *д*, в положении 5 — *а* и *б*, *в* и *д*.

Иной принцип действия у переключателя, обозначение которого приведено на рис. 89. Он также на пять положений, но соединяет цепи *а*—*а*, *б*—*б* и т. д. (по сути, это переключатель на основе замыкающих контактов, которые при более простой коммутации можно было бы изобразить в разрывах цепей). В его первом положении замыкаются цепи *а*—*а* и *б*—*б* (об этом говорят изображенные под ними жирные точки, символизирующие электрическое соединение), во втором — цепи *в*—*в* и *б*—*б*, в третьем — *а*—*а* н *г*—*г*, в четвертом — *б*—*б*, в пятом — все четыре цепи.

Реле. Наряду с выключателями и переключателями, приводимыми в действие усилием руки, в радиоэлектронной технике широко применяют электромагнитные реле (от французского слова relais) — устройства, автоматически коммутирующие электрические цепи по сигналу извне. Как говорит само на-

звание, электромагнитное реле состоит из электромагнита и дной или нескольких контактных групп, управляемых связанным с якорем электромагнита приводным механизмом. По окончании действия сигнала приводной механизм и контакты возвращаются в исходное положение. Таким образом, у контактов реле всего два рабочих положения — замкнутое и разомкнутое.

Контакты реле (они могут быть замыкающими, размыкающими и переключающими) изображают теми же символами, что и в условных обозначениях выключателей и переключателей, электромагнит (вернее, его обмотку) — в виде прямоугольника с линиями-выводами от длинных сторон. Обозначения контактов располагают напротив одной из узких сторон символа обмотки и соединяют с ним линией механической связи (рис. 90).

Выводы обмотки допускается помещать с одной стороны (рис. 91,*а*), а символы контактов — в разных частях схемы (рядом с коммутируемыми элементами). В этом случае принадлежность контактов к тому или иному реле указывают, как и в ранее рассмотренных случаях, в позиционном обозначении (рис. 91,*б*).

Внутри символа обмотки можно указать ее сопротивление постоянному току, число обмоток (две обмотки — две наклонные линии), назначение реле (I> — реле максимального тока, U< — реле минимального напряжения). Если необходимо указать род тока (переменный или постоянный), вид обмотки (токовая, напряжения) или выдержку времени при срабатывании (крест) или отпускании (наклонная линия), длину прямоугольника увеличивают и обозначение этих дополнительных характеристик вписывают в его левую часть, отделив ее чертой от остальной (рис. 92).

Так называемые поляризованные электромагнитные реле (они «чувствительны» к направлению тока в обмотке) выделяют на схемах буквой Р, вписывае-

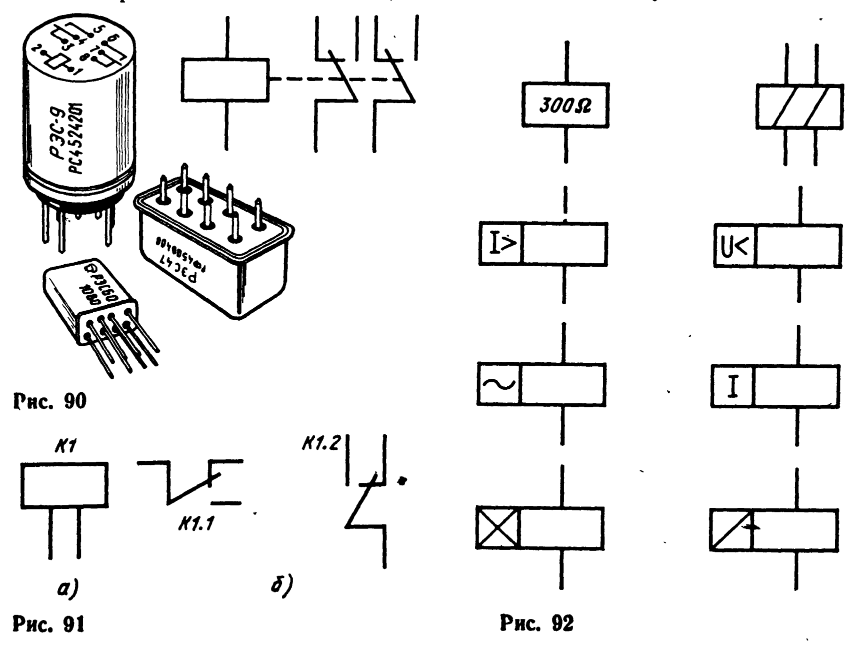


Рис. 90

Рис. 91

Рис. 92

мой в дополнительное поле символа обмотки (рис. 93,*а*). Точки возле одного из выводов обмотки и одного нз контактов такого реле расшифровывают следующим образом: контакт, помеченный точкой, замыкается при подаче напряжения, положительный полюс которого приложен к выделенному таким же образом выводу обмотки. Если необходимо показать, что контакты поляризованного реле остаются замкнутыми и после снятия напряжения, поступают так же, как и в случае с кнопочными переключателями: на символе замыкающего или размыкающего контакта изображают небольшой кружок (рис. 93,*б*).

Кроме рассмотренных, существуют реле, в которых магнитное поле, создаваемое управляющим током обмотки, воздействует непосредственно на чувствительные к нему (магнитоуправляемые) контакты, заключенные в герметичный корпус (их еще называют герконами — сложносокращенное слово от слов ГЕРметичный КОНтакт). Чтобы отличить такой контакт от контактов других типов, в его условное обозначение вводят символ герметичного корпуса — окружность. Принадлежность к конкретному реле указывают в позиционном обозначении (рис. 94,*а*). Если же магнитоуправляемый контакт не является частью реле, а управляется постоянным магнитом, его обозначают буквенным кодом автоматического выключателя — буквами SF (рис. 94,*б*).

Соединители. Большую группу коммутационных изделий образуют всевозможные соединители. Наиболее широко используют разъемные соединители (штепсельные разъемы). Штырь (штепсель) такого узла обозначают стрелкой с углом раскрыва 90° (рис. 95,*а*), гнездо — «рогаткой» (рис. 95,*б*).

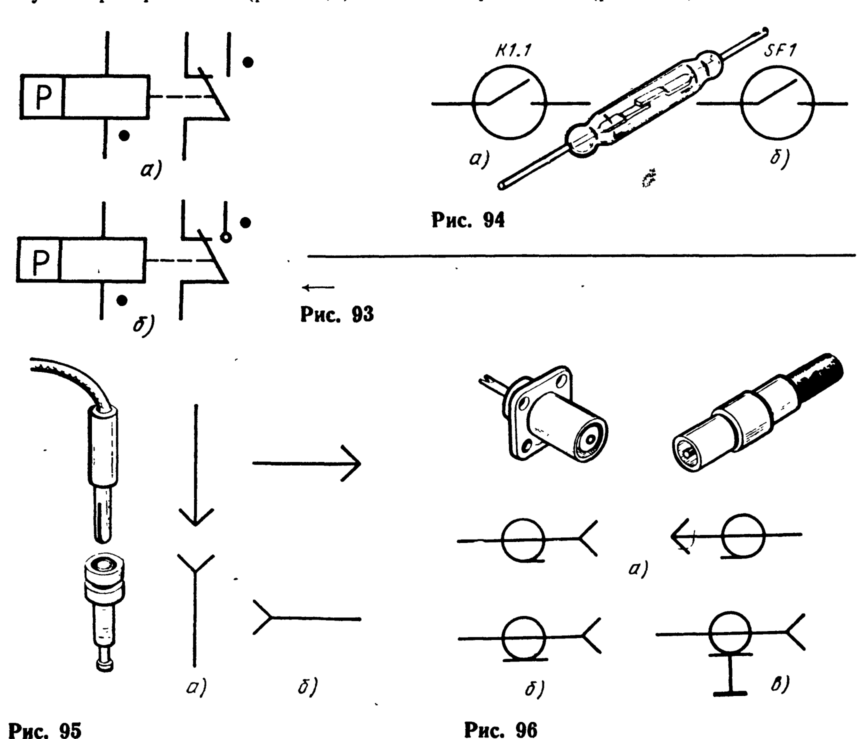


Рис. 94

Рис. 93

Рис. 95

Рис. 96

Высокочастотные (коаксиальные) соеднннтели обозначают, как показано на рис. 96,*а*. Отличительный признак такого соединителя и его частей — знак коаксиальной линии, представляющий собой кружок с отрезком касательной, параллельной линии электрической связи и направленной в сторону стрелки или рогатки. Если же с другими элементами устройства штырь или гнездо соединены коаксиальным кабелем, касательную продлевают и в другую сторону (рис. 96,*б*). Соединение корпуса соединителя и оплетки коаксиального кабеля с общим проводом (корпусом) устройства показывают присоединением к касательной (без точки) линии электрической связи со знаком корпуса на конце (рис. 96,*в*).

Разборные соединения с помощью винта, зажима и т. п. обозначают на схемах небольшим кружком (рис. 97). Этот же символ используют и в том случае, если необходимо показать контрольную точку.

Передача сигналов на подвижные узлы механизмов часто осуществляется с помощью соединения, состоящего из подвижного контакта (его изображают в виде стрелки) и токопроводящей поверхности, по которой он скользит. Если эта поверхность линейная, ее показывают отрезком прямой линии с выводом в виде ответвления у одного из концов (рис. 98,*а*), а если кольцевая или цилиндрическая — окружностью (рис. 98,*б*).

Разъемные соединители обычно содержат несколько штырей и гнезд. Принадлежность их к многоконтактному соединителю показывают на схемах линией механической связи и нумерацией в соответствии с нумерацией контактов на самих соединителях (рис. 99,*а*). При изображении штырей и гнезд в разных местах схемы им присваивают позиционные обозначения, состоящие из позиционного обозначения многоконтактного соединителя и их порядкового номера (рис. 99,*б*: штыри XP1.1, XP1.2 и XP1.3 принадлежат вилке XP1).

Для упрощения графических работ стандарт допускает заменять обозначение контактов розеток и вилок многоконтактных соединителей небольшими пронумерованными прямоугольниками с соответствующими символами (гнезда или штыря) над ними (рис. 99,*в*). Расположение контактов в символах разъемных соединителей может быть любым — здесь все определяется начертанием схемы; неиспользуемые контакты на схемах допускается не показывать (это, кстати, относится и к контактам реле).

Все сказанное о многоконтактных вилках и розетках полностью относится и к обозначениям разъемных соединителей, изображенных в состыкованном виде (рис. 100,*а*). В целях еще большего упрощения графических работ стандарт допускает обозначать многоконтактный соединитель одним прямоугольником с соответствующим числом линий электрической связи и нумерацией (рис. 100,*б*).

Для коммутации редко переключаемых цепей (делителей напряжения с подборными элементами плеч, первичных обмоток трансформаторов сетевого питания и т. п.) в радиоаппаратуре применяют перемычки и вставки. Перемычку, предназначенную для замыкания или размыкания цепи, обозначают отрезком линии с символами разъемного соединения на концах (рис. 101,*а*), для переключения — П-образной скобой (рис. 101,*б*). Наличие на перемычке контрольного гнезда или штыря показывают соответствующим символом (рис. 101*в*).

При изображении вставок-переключателей, обеспечивающих более сложную коммутацию, пользуются способом, описанным ранее для переключателей. Так, вставка, показанная на рис. 101,*г*, в положении 1 соединяет своими замыкателями

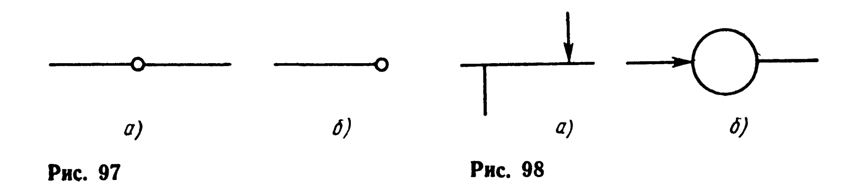


Рис. 97

Рис. 98

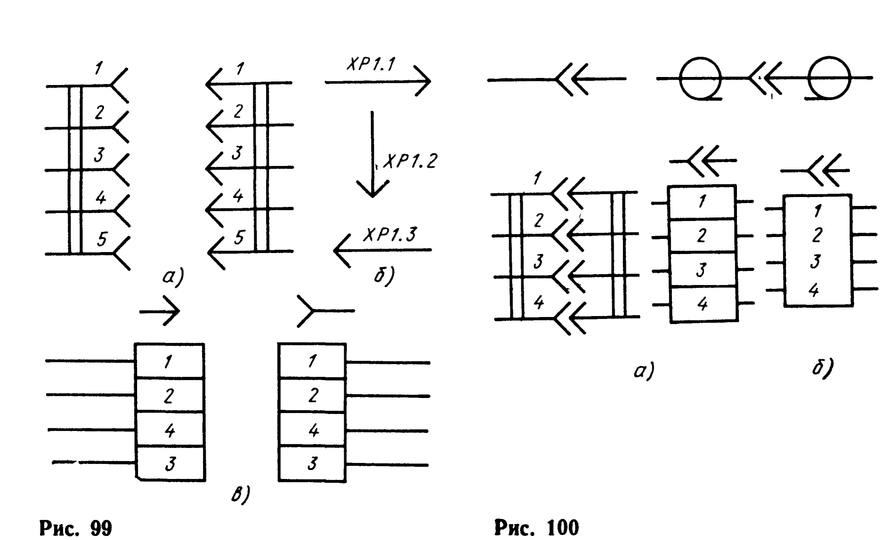


Рис. 99

Рис. 100

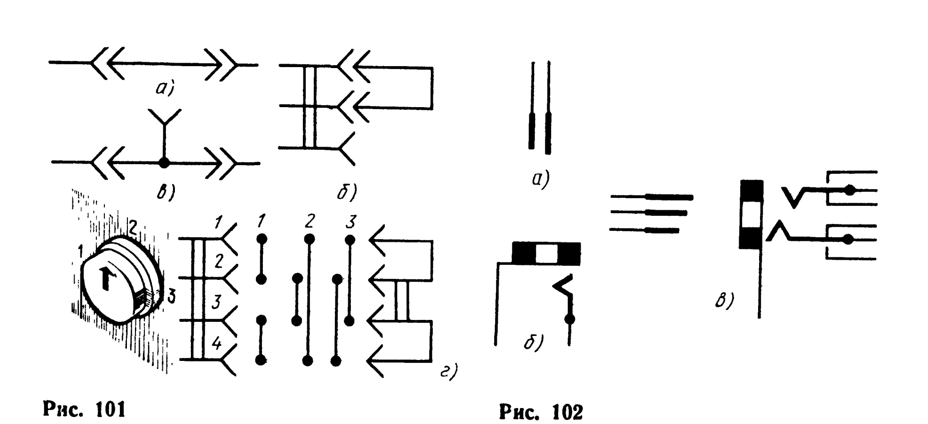


Рис. 101

Рис. 102

гнезда 1 и 2, 3 и 4, в положении 2 — гнезда 2 и 3, 1 и 4, в положении 3 — гнезда 2 и 4, 1 и 3.

В телефонной и бытовой радиоаппаратуре применяют соединители, выполняющие одновременно функции выключателей и переключателей. Вилку такого соединителя обозначают соответствующим числом утолщенных линий разной длины (рис. 102,*а*), гнездо — прямоугольником с зачерненными краями и расположенными параллельно его выводу символами контактов (рис. 102,*б*). При стыковке частей такого соединителя-коммутатора контакт вилки, обозначенный короткой линией, соединяется с гнездом, следующий (по длине) — с подвижным контактом в виде коромысла, крючок которого расположен ближе к символу гнезда и т. д. Под действием вилки подвижные контакты отгибаются в разные стороны и соединяются или разъединяются с неподвижными (рис. 102,*в*). Для большей наглядности подвижные контакты таких гнезд изображают утолщенными линиями с жирными точками в местах присоединения выводов.

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

Электровакуумными называют приборы, действие которых основано на использовании электрических явлений в вакууме. Установленная ГОСТ 2.731—81 система условных графических обозначений электровакуумных приборов построена поэлементным способом. В качестве базовых элементов приняты обозначения баллона, нити накала (подогревателя), катода, сетки, анода и других электродов (см. рис. 21 и 22). Используя эти базовые символы, можно изобразить на схеме любой электровакуумный прибор, каким бы сложным он ни был.

В отличие от электронных, в баллонах ионных, или, иначе, газоразрядных приборов имеется какой-либо газ, находящийся под небольшим давлением. В этих приборах при прохождении тока через газ в электрических процессах участвуют не только электроны, но и ионы, получающиеся вследствие ионизации газа. Из сказанного ясно, что для сохранения вакуума или разреженного газа баллон электровакуумного прибора должен быть герметичным. Подавляющее число электровакуумных приборов имеет стеклянный баллон, но он может быть и металлическим, керамическим, металлокерамическим и т. д.

Независимо от конструкции баллона в условном обозначении большинства электровакуумных приборов баллон изображают в виде круга, овала или (для сложных комбинированных приборов) квадрата со скругленными углами (рис. 103). Наличие газа в баллоне газоразрядных приборов показывают точкой внутри символа.

В обозначениях электронно-лучевых приборов (осциллографических трубок, кинескопов, передающих трубок и т. п.) символы баллона упрощенно воспроизводят их внешние очертания (рис. 104). Такие обозначения довольно сложны в начертании и громоздки, но при другой форме символа баллона трудно было бы представить принцип работы электронно-лучевого прибора, электроды которого расположены в определенной последовательности в узкой части баллона.

В некоторых электронных лампах внутренняя поверхность баллона покрыта электропроводящим слоем, назначение которого предохранить лампу от воздействия внешних электрических полей или, наоборот, экранировать ее собственные поля. Такой экран обозначают штриховой дугой в правой нижней части символа баллона (рис. 105,*а*). Наружный экран (обычно съемный) изоб-

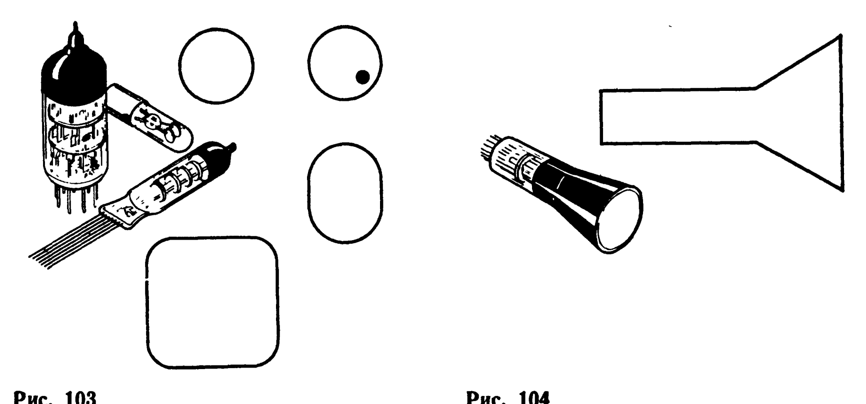


Рис. 103 Рис. 104

ражают таким же образом, но за пределами обозначения баллона (рис. 105,*б*), а если экраном служит сам металлический баллон или слой металла, нанесенный на поверхность стеклянного баллона, то это показывают отводом от самого символа (рис. 105,*в*). Внутренний разделительный экран комбинированных электронных приборов, состоящих из нескольких самостоятельных приборов, изображают штриховой линией, разделяющей условные обозначения соответствующих групп электродов (рис. 105,*г*).

В простейшем электронном приборе — диоде — всего два электрода: катод и анод. Они имеются в любом электровакуумном приборе и служат для испускания (эмиттирования) электронов (катод) и собирания их (анод). В первых радиолампах катодом служила тонкая вольфрамовая проволока, раскаленная током добела. Такой катод, называемый еще нитью накала или катодом прямого накала, используется и в некоторых современных лампах, но его рабочая температура значительно ниже, чем в первых радиолампах. Конструктивно катод прямого накала — прямолинейная нить, приваренная к держателям, служащим для подведения тока к ней. Он может быть выполнен также в виде перевернутых латинских букв V, W, простой или двойной спирали и т. д. Независимо от этого его изображают дужкой в нижней части символа баллона (рис. 106).

Катоды прямого накала хорошо работают только при питании их постоянным током. Дело в том, что количество испускаемых катодом электронов в очень большой степени зависит от его температуры. И если такой катод питать переменным током, который 100 раз в секунду достигает максимального значения и столько же раз уменьшается до нуля, ток в анодной цепи также

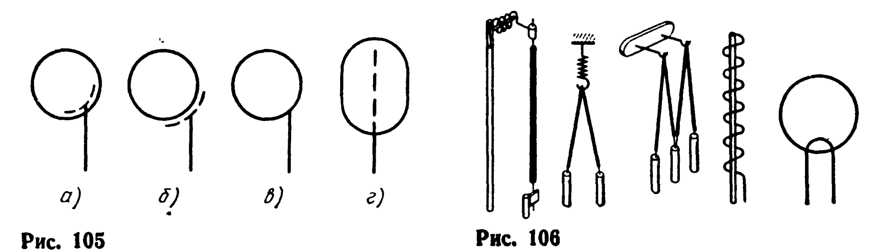


Рис. 105 Рис. 106

будет периодически изменяться, в результате чего нормальная работа лампы будет нарушена. Поэтому в электронных лампах с питанием от переменного тока применяют подогревные катоды. Нить накала в этом случае служит только для подогрева катода, который обычно тщательно от нее изолируют и снабжают отдельным выводом. Массу такого катода выбирают достаточно большой, чтобы он не успевал заметно остывать в те моменты, когда ток уменьшается до нуля.

Условное обозначение подогревного катода (катода косвенного накала) состоит из двух символов: подогревателя, изображаемого так же, как и катод прямого накала, и собственно катода, обозначаемого дужкой с линией-выводом, параллельной выводам подогревателя (рис. 107,*а*).

Комбинированные лампы, состоящие из двух, трех и более самостоятельных электронных приборов, могут иметь как общий, так и раздельные катоды. Отдельные части такой лампы нередко используют в разных участках тракта радиоаппарата. Это приходится учитывать при составлении схемы и изображать их в разных, иногда далеко отстоящих одно от другого местах. Чтобы не спутать части комбинированной лампы с другими электронными приборами, ее баллон вычерчивают неполностью. При этом, если в комбинированной лампе один подогреватель, общий для всех катодов, его изображают только на одном из частичных символов (рис. 107,*б*), если же две части лампы имеют общий катод, то поступают, как показано на рис. 107,*в*.

Условное обозначение холодных катодов стабилитронов, тиратронов и тому подобных приборов (эмиссия электронов из такого катода происходит под действием света, радиации или ионов газа) — незачерненный кружок (рис. 108,*а*).

В неоновых лампах (их используют в качестве сигнальных) и некоторых других ионных приборах имеются два электрода, которые при работе в цепях переменного тока могут попеременно выполнять функции анода и холодного катода (в зависимости от направления тока). Такие комбинированные электроды обозначают символом, совмещающим в себе обозначения холодного катода и анода (рис. 108,*б*).

Но вернемся к двухэлектродному прибору — диоду. Его основное свойство — односторонняя проводимость — определяет и основную область применения: выпрямление переменного тока, детектирование модулированных колебаний. Но для того чтобы, например, слабый продетектированный сигнал можно было услышать из громкоговорителя, его необходимо во много раз усилить. Простейший усилительный прибор — триод, кроме катода и анода, содержит электрод, управляющий анодным током — управляющую сетку. В современных радиолампах ее чаще всего выполняют в виде цилиндрической или эллипсовидной спирали, витки которой для сохранения формы приварены к

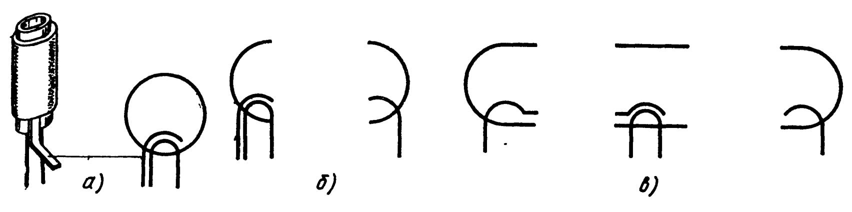


Рис. 107

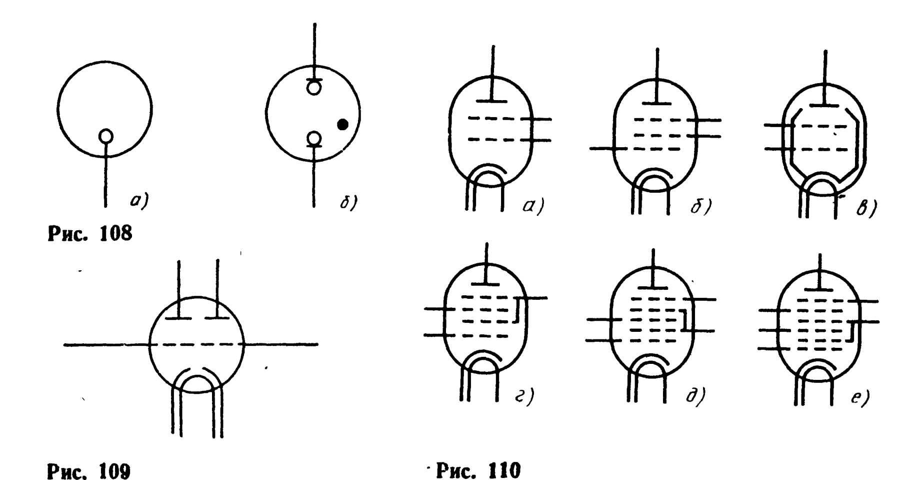


Рис. 108

Рис. 109

Рис. 110

держателям — траверсам. Траверсы используют также в качестве выводов сетки.

Условное графическое обозначение сетки — три коротких штриха (см. рис. 22,*в*, *г*). В символах комбинированных ламп, где место ограничено, число штрихов уменьшают до двух (рис. 109).

Триоды нашли очень широкое применение в радиотехнике. Их используют для усиления колебаний звуковой частоты, генерирования радиочастотных сигналов. Применяют триоды и для усиления радиочастотных колебаний (вплоть до УКВ), но при этом приходится принимать специальные меры, нейтрализующие недостатки триодов, наиболее существенным из которых является емкость между анодом и управляющей сеткой. Эта емкость, получившая название проходной, особенно сказывается на работе триода при усилении радиочастотных сигналов. Для них проходная емкость представляет собой небольшое емкостное сопротивление, через которое часть усиленного лампой радиочастотного напряжения снова попадает на управляющую сетку. В результате действия такой связи усилительный каскад на триоде может даже самовозбудиться.

От этого недостатка свободны четырехэлектродные лампы — тетроды (тетра — по-гречески четыре), у которых между управляющей сеткой и анодом помещена еще одна сетка (рис. 110,*а*). На нее, как и на анод, подают положительное напряжение и, кроме того, соединяют ее через блокировочный конденсатор с общим проводом устройства (минусом источника питания). При таком включении дополнительная сетка становится электростатическим экраном между управляющей сеткой и анодом, поэтому емкость между ними резко уменьшается. Эта сетка получила название экранирующей.

Однако наличие экранирующей сетки, если не принять дополнительных мер, резко ухудшает характеристики лампы из-за проявления так называемого динатронного эффекта, причина которого — во вторичных электронах, выбитых из анода электронами, летящими с поверхности катода. Поскольку экранирующая сетка, как и анод, находится под положительным потенциалом, вторичные электроны притягиваются ею и создают ток, уменьшающий ток анода.

Этот недостаток тетродов устраняют разными путями. Один из них — введение между экранирующей сеткой и анодом еще одной сетки — защитной. Ее делают очень редкой и соединяют с катодом. Благодаря этому вторичные электроны отталкиваются ею и возвращаются на анод. Электронную лампу с тремя сетками называют пентодом (пента — по-гречески пять), а обозначают, как показано на рис. 110,*б*.

Второй способ устранения динатронного эффекта — это введение в лампу экранирующих электродов, соединенных с катодом, и применение особых конструкций и расположения самих сеток. В таком тетроде электроны летят от катода к аноду пучками (лучами), поэтому и называют его лучевым. Лучеобразующие пластины обозначают наклонными черточками, направленными к аноду, и соединяют с символом катода внутри баллона (рис. 110,*в*).

В радиотехнике применяют и более сложные электронные лампы, содержащие четыре, пять и даже шесть сеток (рис. 110,*г—е*). По общему числу электродов их называют гексодами (гекса — шесть), гептодами (гепта — семь) и октодами (окта — восемь). В многосеточных лампах, например преобразовательных, может быть не одна, а две управляющие, две экранирующие сетки.

Обозначения электронных ламп состоят из цифр и букв. Первый элемент обозначения — цифра — округленно указывает напряжение накала подогревателя или катода прямого накала (например, цифра 6 обозначает 6,3 В). Второй элемент — буква — характеризует тип лампы: А — гептод; С — триод; П — выходной пентод или лучевой тетрод; К и Ж — пентоды для усиления радиочастотных сигналов и т. д. Третий элемент — тоже цифра — обозначает порядковый номер разработки лампы данного типа, позволяет различать однотипные лампы. Стоящая после этой цифры буква характеризует конструктивное исполнение лампы: П — пальчиковая, т. е. цельностеклянная со штырьками, выходящими непосредственно из стеклянного дна баллона; С — стеклянная лампа с восьмиштырьковым (октальным) цоколем; А, Б — сверхминиатюрные лампы с выводами из гибких проводов.

Зная эту систему обозначений, можно, например, сразу сказать, что лампа 6Ж52П — это пентод с напряжением накала 6,3 В, номером разработки 52, в пальчиковом исполнении; 6П45С — выходной пентод с таким же напряжением накала, номером разработки 45, в стеклянном баллоне нормальных габаритных размеров.

Обозначение типа электронного прибора обычно указывают рядом с позиционным буквенно-цифровым обозначением (например, VL1 6П14П, VL7 6К13П и т. д.).

Условные графические обозначения комбинированных электронных ламп (двойных диодов, триодов, триод-пентодов, двойных лучевых тетродов и т. д.) строят с использованием символов баллона в виде круга или овала, вытянутого в вертикальном или горизонтальном направлении (рис. 111). В названиях комбинированных ламп слова «двойной» и «тройной» относятся к термину, следующему за ними. Так, название «двойной диод-триод» означает, что лампа содержит два диода и один триод. Для обозначения таких ламп также приняты определенные буквы: Г — триод с одним или двумя диодами (диод-триод или двойной диод-триод); Н — двойной триод; Ф — триод-пентод; И — триод-гексод или триод-гептод.

Выводы электродов электровакуумных приборов выполняют по-разному. У одних они подпаяны к специальному цоколю, у других — к проволочным

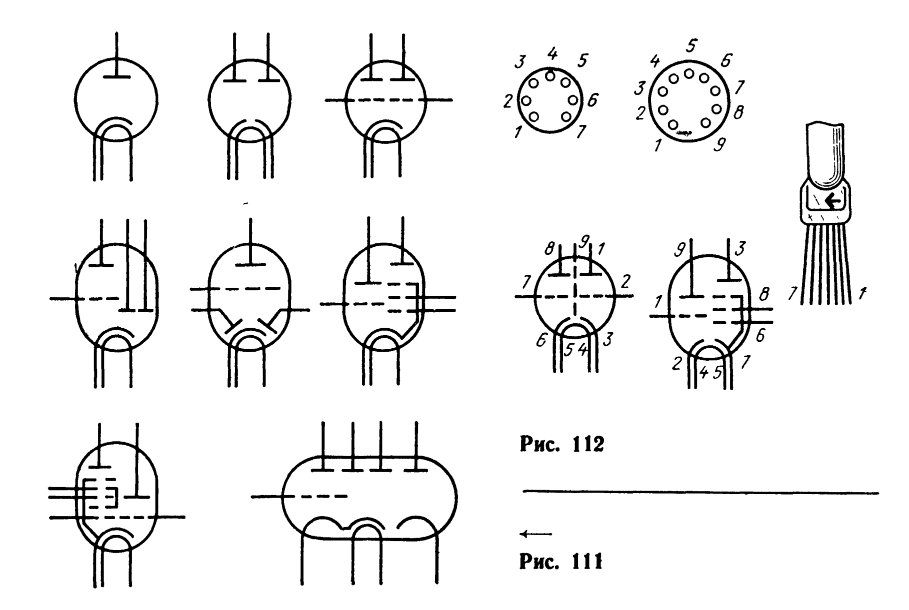


Рис. 112

←
Рис. 111

штырькам, выходящим непосредственно из дна стеклянного баллона, у третьих — к гибким проволочным выводам. Но в любом случае порядок, в котором расположены выводы, вполне определенный. Если штырьки размещены по окружности (лампы с октальным цоколем, пальчиковые и т. п.), то счет им начинается либо от специального ключа, либо от увеличенного промежутка между штырьками в направлении по часовой стрелке. У сверхминиатюрных ламп проволочные выводы часто расположены в одной плоскости. В этом случае счет выводов начинают либо от цветной метки, либо в направлении рельефной стрелки на плоской части баллона.

Для облегчения ориентировки в монтаже радиоприбора цифры, соответствующие номерам штырьков или проволочных выводов, указывают возле символов электродов на принципиальных схемах и схемах соединений (рис. 112).

Электронно-лучевые приборы. Условные графические обозначеиия электронно-лучевых приборов существенно отличаются от обозначений электронных и ионных приборов. Общими у них являются только символы катода и подогревателя. Все остальное, начиная с символа баллона, отражает специфику этой группы приборов.

Изображение баллона электронно-лучевой трубки ЭЛТ упрощенно воспроизводит ее форму (см. рис. 104). Графическое обозначение подогревного катода помещают в торце его узкой части (рис. 113,*а*), остальных электродов — в определенной (соответствующей реальному расположению в приборе) последовательности по обе стороны от оси симметрии.

Первым после катода изображают управляющий электрод — модулятор, с помощью которого (подачей изменяющегося отрицательного напряжения относительно катода) осуществляется управление интенсивностью электронного луча. Символ модулятора напоминает его устройство в осевом сечении — цилиндрический стаканчик с отверстием в дне (рис. 113,*б*).

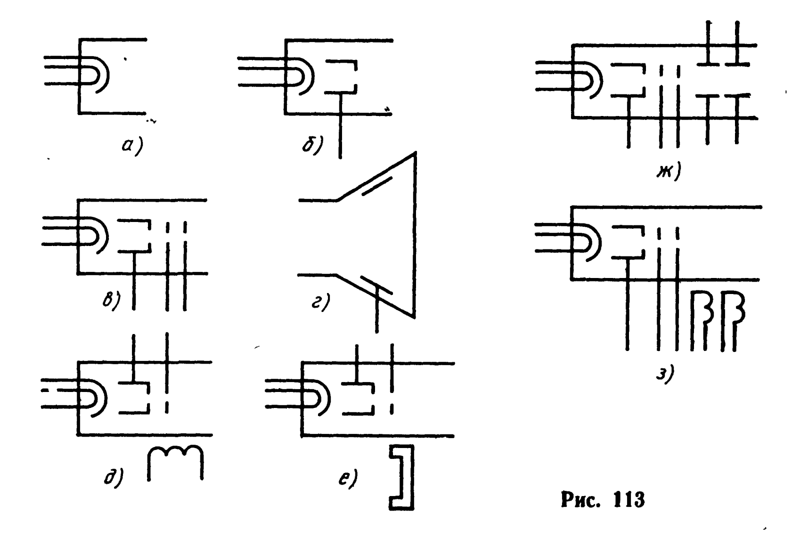


Рис. 113

За модулятором расположены ускоряющий и фокусирующий электроды, называемые также анодами (соответственно 1-й и 2-й). К ним подводят разные по значению положительные напряжения, в результате чего при определенном их соотношении поток электронов фокусируется на экране ЭЛТ в узкий пучок (луч). Символы этих электродов напоминают обозначение сеток электронных ламп, однако в отличие от них состоят из двух штрихов, к одному из которых присоединена линия-вывод (рис. 113,*в*). Имеющийся в некоторых ЭЛТ 3-й анод изображают двумя расходящимися линиями в «раструбе» символа баллона (рис. 113,*г*).

Фокусировку с помощью фокусирующих электродов называют электростатической в отличие от магнитной и электромагнитной, при которых того же результата добиваются применением постоянных магнитов или электромагнитов. Символы фокусирующего постоянного магнита (светлая прямоугольная скоба) или электромагнита (катушка из трех полуокружностей) помещают за пределами символа баллона, напротив того места, где при электростатической фокусировке изображают фокусирующие электроды (рис. 113,*д*, *е*).

Для отклонения электронного луча в горизонтальном и вертикальном направлениях в осциллографических ЭЛТ обычно используют две пары пластин (их называют отклоняющими), расположенные перпендикулярно одна другой за фокусирующими электродами. Здесь используется свойство электронов притягиваться к положительно заряженным телам и отталкиваться от заряженных отрицательно. При подаче на одну пару пластин какого-либо постоянного напряжения электронный луч отклоняется в сторону пластины, заряженной положительно по отношению к другой. Если же к пластинам подведено переменное напряжение, луч непрерывно отклоняется от одной пластины к другой и на экране ЭЛТ прочерчивается прямая линия. То же самое происходит с лучом и при подаче отклоняющего напряжения на вторую пару пластин. В результате электронный луч можно отклонить в любую точку экрана.

Символы отклоняющих пластин очень похожи на обозначения конденсаторов постоянной емкости, только обкладки у них короче и отстоят одна от другой несколько дальше (рис. 113,*ж*).

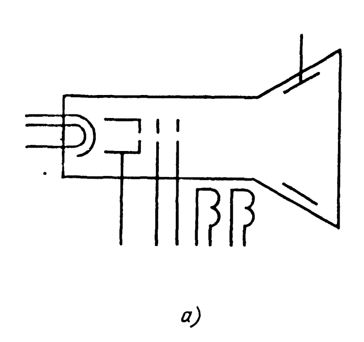
В приемных телевизионных трубках — кинескопах — используют электромагнитное отклонение луча с помощью двух пар катушек (строчных и кадровых), помещаемых на горловине трубки. При прохождении через эти катушки отклоняющих токов пилообразной формы в горловине трубки создаются взаимно перпендикулярные магнитные поля, которые и отклоняют электронный луч в горизонтальном и вертикальном направлениях. Кадровые и строчные катушки такой отклоняющей системы обозначают одинаково — в виде катушек из двух полуокружностей, располагаемых напротив того места, где в ЭЛТ с электростатическим отклонением луча изображают отклоняющие пластины (рис. 113,*з*).

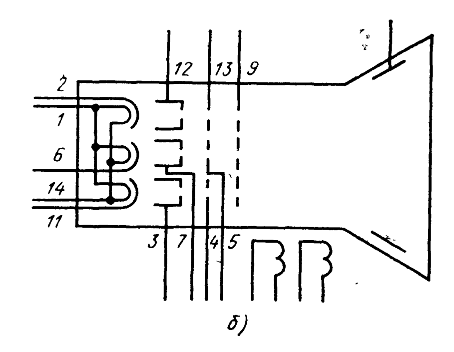
В качестве примера построения условных графических обозначений электронно-лучевых приборов на рис. 114,*а* показано обозначение типичного черно-белого кинескопа с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча. Обозначение цветного кинескопа, содержащего тройной комплект подогревных катодов, модуляторов и ускоряющих электродов, строят аналогично, увеличив символ баллона до нужного размера (рис. 114,*б*).

Ионные приборы, как, впрочем, и электроиные лампы, с каждым годом применяют все реже, поэтому коротко остановимся лишь на некоторых из них.

Для визуальной индикации цифровой и буквенной информации используют индикаторные лампы тлеющего разряда. Их катоды, имеющие вид знака или символа, расположены в наполненном неоном баллоне один за другим (пакетом), а анод выполнен в виде тонкой сетки, не мешающей наблюдению знаков. Форма катодов и их размеры выбраны так, чтобы цифры и буквы, расположенные сзади, перекрывались в минимальной степени. При подаче напряжения между анодом и выбранным с помощью специального электронного коммутатора катодом вокруг катода возникает тлеющий разряд, свечение которого повторяет форму катода.

Условное обозначение цифрового индикатора тлеющего разряда состоит из символа баллона ионного прибора овальной формы, символа анода и нескольких символов катодов, рядом с которыми указаны индицируемые ими цифры (рис. 115). В целях упрощения допускается изображать не все катоды,


а)



б)

Рис. 114

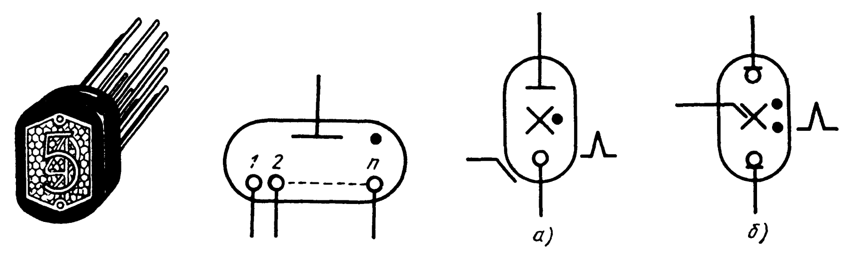


Рис. 115 **Рис. 116**

а только первые два и последний, заменяя отсутствующие штриховой линией (она в подобном случае обозначает то же, что и выражение «и т. д.»).

В фотовспышках, широко используемых при фотографировании в условиях недостаточной освещенности, применяют газоразрядные импульсные лампы. Условные обозначения таких приборов строят из символов баллона, анода, холодного катода (или комбинированного электрода, как в неоновой лампе — см. рис. 108,*б*) и поджигающего электрода (линия с изломом на конце). Кроме того, в центре символа баллона помещают знак спектра излучения (видимое излучение — прямой крестик), а справа от него — одну, две или три точки, обозначающие в данном случае не только газовое наполнение, но и давление (одна точка — низкое, две — высокое, три — сверхвысокое). Характер излучения показывают знаком, упрощенно воспроизводящим осциллограмму импульса. Для примера на рис. 116,*а* приведено условное обозначение импульсной газоразрядной лампы низкого давления с простыми электродами и внешним поджигом, а на рис. 116,*б* — подобного прибора высокого давления с комбинированными электродами и внутренним поджигом.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Полупроводниковые приборы применялись в радиотехнике еще до изобретения электронных ламп. Изобретатель радио А. С. Попов использовал для обнаружения электромагнитных волн вначале когерер (стеклянную трубку с металлическими опилками), а затем контакт стальной иглы с угольным электродом. Это был первый полупроводниковый диод — детектор. Позже были созданы детекторы с использованием естественных и искусственных кристаллических полупроводников (галена, цинкита, халькопирита и т. д.). Такой детектор состоял из кристалла полупроводника, впаянного в чашечку-держатель, и стальной или вольфрамовой пружинки с заостренным концом (рис. 117). Положение острия на кристалле находили опытным путем, добиваясь наибольшей громкости передачи радиостанции.

В 1922 г. сотрудник Нижегородской радиолаборатории О. В. Лосев обнаружил замечательное явление: кристаллический детектор, оказывается, может генерировать и усиливать электрические колебания. Это было настоящей сенсацией, но недостаточность научных познаний, отсутствие нужного экспериментального оборудования не позволили в то время глубоко исследовать суть процессов, происходящих в полупроводнике, и создать полупроводниковые приборы, способные конкурировать с электронной лампой. Первый полупроводниковый трех-

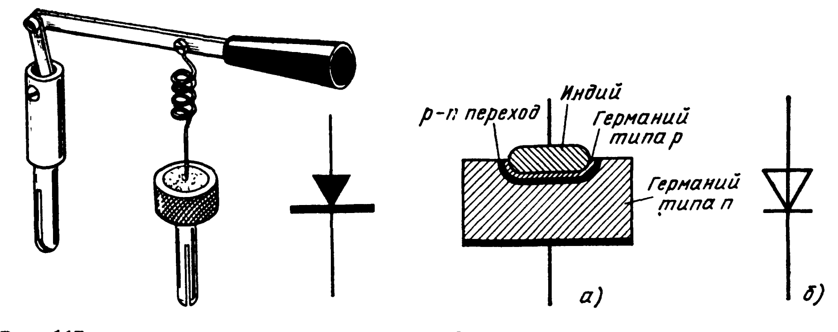


Рис. 117

Рис. 118

электродный прибор, получивший название транзистор (от английских слов tran(sfer) — переносить и (re)sistor — сопротивление), был создан в 1948 г.

Что же представляют собой полупроводники, являющиеся основой всех приборов этого класса? Известно, что проводниками называют материалы, обладающие при комнатной температуре удельным сопротивлением менее 0,001 Ом·см. Диэлектрики при этой же температуре имеют удельное сопротивление от 10^{18} до 10^{24} Ом·см. К полупроводникам относят материалы, обладающие удельным сопротивлением от $10^{-3}...10^{-2}$ до $10^{8}...10^{10}$ Ом·см. Как это ни покажется удивительным, но число полупроводников, известных в настоящее время, намного превышает число проводников и диэлектриков.

Однако не всякий полупроводник пригоден для изготовления полупроводниковых приборов, а только очень чистый. Всего один атом примеси на 10 млрд атомов основного вещества можно допустить в исходном материале, иначе качество полупроводникового прибора будет низким. Для изготовления полупроводникового прибора необходимо также, чтобы полупроводник обладал определенной примесной проводимостью. С этой целью в чистый исходный материал, например германий, вводят строго определенное количество примеси. Если хотят получить электронную проводимость, т. е. полупроводник, в котором в качестве переносчиков зарядов будут служить электроны, в него вводят так называемые донорные вещества, например сурьму, мышьяк, фосфор. Для получения полупроводника с дырочной электропроводностью (в качестве переносчиков зарядов выступают атомы с утраченными электронами) добавляют так называемые акцепторные вещества (индий, бор, алюминий). Примеси вводят в очень небольших количествах — из расчета 1 атом примеси на 10... ...100 млн атомов основного вещества.

Полупроводники с электронной электропроводностью называют полупроводниками типа n (от лат. negativus — отрицательный), с дырочной — типа p (от лат. positivus — положительный).

Контакт полупроводников с разными типами электропроводности называют p-n переходом (рис. 118,*а*). Основным свойством p-n перехода является его односторонняя проводимость (в направлении от области p к области n). Поэтому простейшие полупроводниковые приборы — диоды, состоящие из одного p-n перехода, широко применяют для выпрямления переменного тока и детектирования модулированных сигналов.

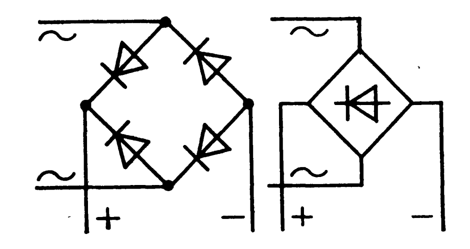


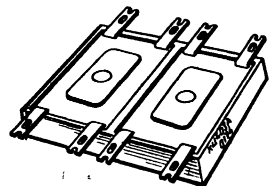
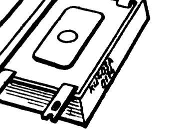
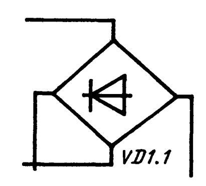
Рис. 119

Полупроводниковые диоды обозначают символом, сохранившимся в общих чертах со времен первых радиоприемников (рис. 118,*б*). Вершина треугольника в этом символе указывает направление наибольшей проводимости (треугольник символизирует анод диода, а короткая черточка, перпендикулярная линиям-выводам, — его катод). Этим же символом обозначают полупроводниковые выпрямители, состоящие, например, из нескольких последовательно, параллельно или смешанно соединенных диодов (выпрямительные столбы и т. п.

Для питания радиоаппаратуры часто используют мостовые выпрямители. Начертание такой схемы соединения диодов (квадрат, стороны которого образованы символами диодов) давно уже стало общепринятым, поэтому для обозначения таких выпрямителей стали использовать упрощенный символ — квадрат с символом одного диода внутри (рис. 119). В зависимости от значения выпрямленного напряжения каждое плечо моста может состоять из одного, двух и более диодов. Полярность выпрямленного напряжения на схемах не указывают, так как ее однозначно определяет символ диода внутри квадрата. Мосты, конструктивно объединенные в одном корпусе, изображают отдельно, показывая принадлежность к одному изделию в позиционном обозначении (рис. 120, VD1.1, VD1.2). Рядом с позиционным обозначением диодов, как и всех других полупроводниковых приборов, как правило, указывают и их тип.

На основе символа диода построены условные обозначения полупроводниковых диодов с особыми свойствами. Для получения нужного символа используют специальные знаки, изображаемые либо на самом базовом символе, либо в непосредственной близости от него, а чтобы акцентировать внимание на некоторых из них, базовый символ помещают в круг — условное обозначение корпуса полупроводникового прибора.

Туннельные диоды. Знаком, напоминающим прямую скобку, обозначают катод туннельных диодов (рис. 121,*а*). Их изготовляют из полупроводниковых материалов с очень большим содержанием примеси, в результате чего полупроводник превращается в полуметалл. Благодаря необычной форме вольт-амперной характеристики (на ней имеется участок отрицательного сопротивления) туннельные диоды используют для усиления и генерирования электрических сигналов и в переключающих устройствах. Важным достоинством этих

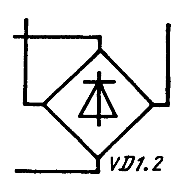


Рис. 120

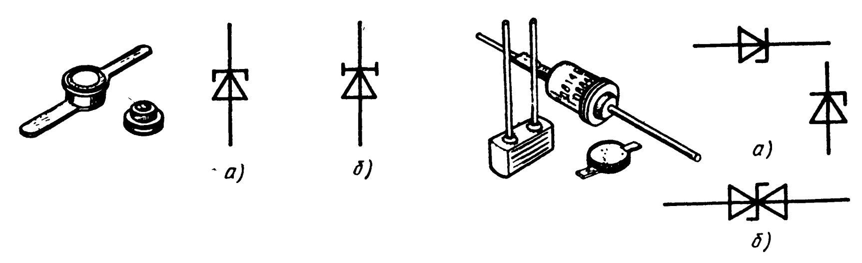


Рис. 121 Рис. 122

диодов является то, что они могут работать на очень высоких частотах (до 10^{11} Гц).

Разновидность туннельных диодов — обращенные диоды, у которых при малом напряжении на p-n переходе проводимость в обратном направлении больше, чем в прямом. Используют такие диоды в обратном включении. В условном обозначении обращенного диода черточку-катод изображают с двумя штрихами, касающимися ее своей серединой (рис. 121,*б*).

Стабилитроны. Прочное место в источниках питания, особенно низковольтных, завоевали полупроводниковые стабилитроны, работающие также на обратной ветви вольт-амперной характеристики. Это плоскостные кремниевые диоды, изготовленные по особой технологии. При включении их в обратном направлении и определенном напряжении на переходе последний «пробивается», и в дальнейшем, несмотря на увеличение тока через переход напряжение на нем остается почти неизменным. Благодаря этому свойству стабилитроны широко применяют в качестве самостоятельных стабилизирующих элементов, а также источников образцовых напряжений в стабилизаторах на транзисторах. Для получения малых образцовых напряжений стабилитроны включают в прямом направлении, при этом напряжение стабилизации одного стабилитрона равно 0,7 ... 0,8 В. Такие же результаты получаются при включении в прямом направлении обычных кремниевых диодов.

Для стабилизации низких напряжений разработаны и широко применяются специальные полупроводниковые диоды — стабисторы. Отличие их от стабилитронов в том, что они работают на прямой ветви вольт-амперной характеристики, т. е. при включении в прямом (проводящем) направлении.

Чтобы показать на схеме стабилитрон, черточку-катод базового символа дополняют коротким штрихом, направленным в сторону символа анода (рис. 122,*а*). Следует отметить, что расположение штриха относительно символа анода должно быть неизменным независимо от положения условного обозначения стабилитрона на схеме. Это в полной мере относится и к символу двуханодного (двустороннего) стабилитрона (рис. 122,*б*), который можно включать в электрическую цепь в любом направлении (по сути, это два встречно включенных одинаковых стабилитрона).

Варикапы. Электронно-дырочный переход, к которому приложено обратное напряжение, обладает свойствами конденсатора. При этом роль диэлектрика играет сам p-n переход, в котором свободных носителей зарядов мало, а роль обкладок — прилежащие слои полупроводника с электрическими зарядами разного знака — электронами и дырками. Изменяя напряжение, приложенное

к р-n переходу, можно изменять его толщину, а следовательно, и емкость между слоями полупроводника. Это явление использовано в специальных полупроводниковых приборах — варикапах [от английских слов vari(able) — переменный и cap(acitor) — конденсатор]. Их широко применяют для настройки колебательных контуров, в устройствах автоматической подстройки частоты, а также в качестве частотных модуляторов в различных генераторах.

Условное графическое обозначение варикапа (см. рис. 123,*а*), наглядно отражает их суть: две параллельные черточки воспринимаются как символ конденсатора. Как и конденсаторы переменной емкости, варикапы часто изготовляют в виде блоков (их называют матрицами) с общим катодом и раздельными анодами. Для примера на рис. 123,*б* показано обозначение матрицы из двух варикапов, а на рис. 123,*в* — из трех.

Тиристоры. На основе базового символа диода построены и условные обозначения тиристоров (от греческого thyra — дверь и английского (resi)stor — резистор). Это диоды, представляющие собой чередующиеся слои кремния с электропроводностью типов р и n. Таких слоев в тиристоре четыре, т. е. он имеет три р-n перехода (структура p-n-p-n). Тиристоры нашли широкое применение в различных регуляторах переменного напряжения, в релаксационных генераторах, коммутирующих устройствах и т. д.

Тиристоры с выводами только от крайних слоев структуры называют динисторами и обозначают символом диода, перечеркнутым отрезком линии, параллельной черточке-катоду (рис. 124,*а*). Такой же прием использован и при построении обозначения симметричного динистора (рис. 124,*б*), проводящего ток (после включения) в обоих направлениях.

Тиристоры с дополнительным (третьим) выводом (от одного из внутренних слоев структуры) называют тринисторами. Управление по катоду в обозначении этих приборов показывают ломаной линией, присоединенной к символу катода (рис. 124,*в*), по аноду — линией, продолжающей одну из сторон треугольника, символизирующего анод (рис. 124,*г*). Условное обозначение симметричного (двунаправленного) тринистора получают из символа симметричного динистора добавлением третьего вывода (рис. 124,*д*).

Фотодиоды. Основной частью фотодиода является переход, работающий при обратном смещении. В его корпусе имеется окошко, через которое освещается кристалл полупроводника. В отсутствие света ток через р-n переход

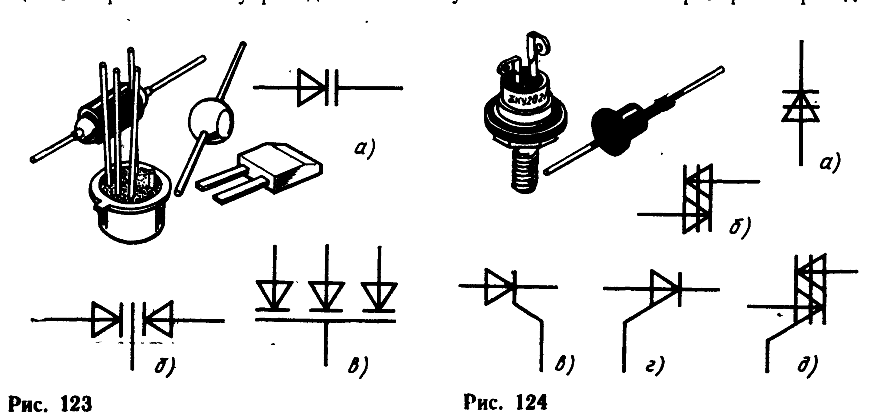


Рис. 123 Рис. 124

очень мал — не превышает обратного тока обычного диода. При освещении кристалла обратное сопротивление перехода резко падает, ток через него растет. Чтобы показать такой полупроводниковый диод на схеме, базовый символ диода помещают в кружок, а рядом с ним (слева сверху, независимо от положения символа) изображают знак фотоэлектрического эффекта — две наклонные параллельные стрелки, направленные в сторону символа (рис. 125,*а*). Подобным образом нетрудно построить и условное обозначение любого другого полупроводникового прибора, изменяющего свои свойства под действием оптического излучения. В качестве примера на рис. 125,*б* показано обозначение фотодинистора.

Светодиоды и светодиодные индикаторы. Полупроводниковые диоды, излучающие свет при прохождении тока через р-n переход, называют светодиодами. Включают такие диоды в прямом направлении. Условное графическое обозначение светодиода похоже на символ фотодиода и отличается от него тем, что стрелки, обозначающие оптическое излучение, помещены справа от кружка и направлены в противоположную сторону (рис. 126).

Для отображения цифр, букв и других знаков в низковольтной аппаратуре часто применяют светодиодные знаковые индикаторы, представляющие собой наборы светоизлучающих кристаллов, расположенных определенным образом и залитых прозрачной пластмассой. Условных обозначений для подобных изделий стандарты ЕСКД не предусматривают, но на практике часто используют символы, подобные показанному на рис. 127 (символ семисегментного индикатора для отображения цифр и запятой). Как видно, такое графическое обозначение наглядно отражает реальное расположение светоизлучающих элементов (сегментов) в индикаторе, хотя и не лишено недостатка: оно не несет информации о полярности включения выводов индикатора в электрическую цепь (индикаторы выпускают как с общим для всех сегментов выводом анода, так и с общим выводом катода). Однако особых затруднений это обычно не вызывает, поскольку подключение общего вывода индикатора (как, впрочем, и микросхем) оговаривают на схеме.

Оптроны. Светоизлучающие кристаллы широко используют в оптронах — специальных приборах, применяемых для связи отдельных частей электронных устройств в тех случаях, когда необходима их гальваническая развязка. На схемах оптроны изображают, как показано на рис. 128. Оптическую связь излучателя света (светодиода) с фотоприемником показывают двумя параллельными стрелками, перпендикулярными линиям-выводам оптрона. Фотоприемником

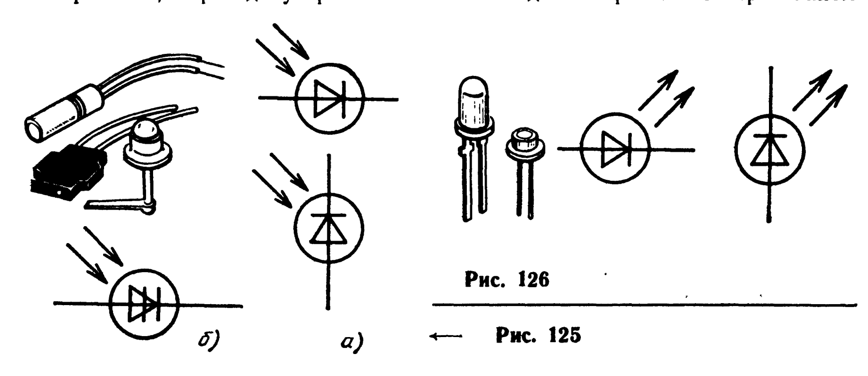


Рис. 126

← Рис. 125

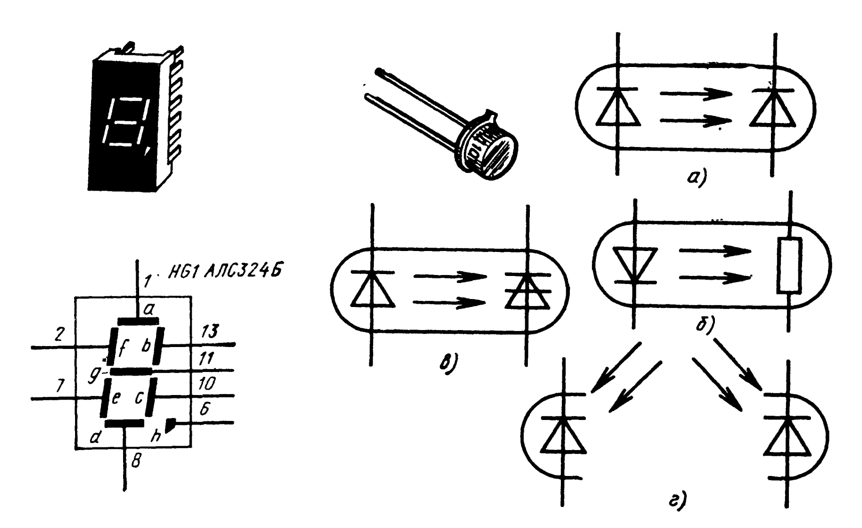


Рис. 127 Рис. 128

в оптроне могут быть не только фотодиод (рис. 128,*а*), но и фоторезистор (рис. 128,*б*), фотодинистор (рис. 128,*в*) и т. д. Взаимная ориентация символов излучателя и фотоприемника не регламентируется.

При необходимости составные части оптрона допускается изображать раздельно, но в этом случае знак оптической связи следует заменить знаками оптического излучения и фотоэффекта, а принадлежность частей к оптрону показать в позиционном обозначении (рис. 128,*г*).

Транзисторы — полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. Наиболее распространены так называемые биполярные транзисторы. Их основа — пластинка монокристаллического полупроводника (чаще всего кремния или германия), в которой с помощью особых технологических приемов созданы, как минимум, три области с разной электропроводностью: эмиттер, база и коллектор. Электропроводность эмиттера и коллектора всегда одинаковая (р или n), базы — противоположная (n или р). Иными словами, биполярный транзистор (далее просто транзистор) содержит два р-n перехода: один из них соединяет базу с эмиттером (эмиттерный переход), другой — с коллектором (коллекторный переход).

На схемах транзисторы обозначают, как показано на рис. 129,*а*. Здесь короткая черточка с линией-выводом от середины символизирует базу, две наклонные линии, проведенные к ней под углом 60°, — эмиттер и коллектор. Об электропроводности базы судят по символу эмиттера: если его стрелка направлена к базе (рис. 129,*а*), то это означает, эмиттер имеет электропроводность типа р, а база — типа n; если же стрелка направлена в противоположную сторону (рис. 129,*б*), электропроводность эмиттера и базы — обратная (соответственно n и р). Поскольку, как уже отмечалось, электропроводность коллектора та же, что и эмиттера, стрелку на символе коллектора не изображают.

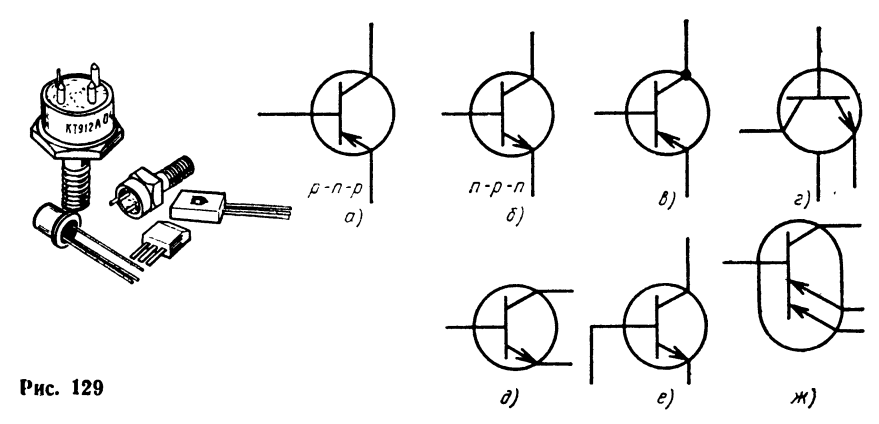


Рис. 129

Знать электропроводность эмиттера, базы и коллектора необходимо для того, чтобы правильно подключить транзистор к источнику питания. В справочниках эту информацию приводят в виде структурной формулы. Транзистор, база которого имеет проводимость типа n, обозначают формулой p-n-p, а транзистор с базой, имеющей электропроводность типа p, — формулой n-p-n. В первом случае на базу и коллектор следует подавать отрицательное (по отношению к эмиттеру) напряжение, во втором — положительное.

Для наглядности условное обозначение транзистора обычно помещают в кружок, символизирующий его корпус. Корпус нередко изготовляют из металла и соединяют с одним из выводов транзистора. На схемах это показывают точкой в месте пересечения линии-вывода с символом корпуса (у транзистора, изображенного на рис. 129,*в*, с корпусом соединен вывод коллектора). Если же корпус снабжен отдельным выводом, линию-вывод допускается присоединять к кружку без точки (рис. 129,*г*). С целью повышения информативности схем рядом с позиционным обозначением транзистора обычно указывают его тип.

Линии-выводы, идущие от символов эмиттера и коллектора, проводят в одном из двух направлений: перпендикулярно или параллельно линии-выводу базы (рис. 129,*д*). Излом этой линии допускается лишь на некотором расстоянии от символа корпуса (рис. 129,*е*).

Транзистор может иметь несколько эмиттерных областей (эмиттеров). В этом случае символы эмиттеров обычно изображают с одной стороны символа базы, а кружок-корпус заменяют овалом (рис. 129,*ж*).

В некоторых случаях ГОСТ 2.730—73 допускает изображать транзисторы и без символа корпуса, например при изображении бескорпусных транзисторов или когда на схеме необходимо показать транзисторы, входящие в так называемые транзисторные сборки или матрицы (их выпускают в тех же корпусах, что и интегральные микросхемы). Поскольку буквенный код VT предусмотрен для обозначения транзисторов, выполненных в виде самостоятельных приборов, транзисторы сборок обозначают одним из следующих способов: либо используют код VT и присваивают им порядковые номера наряду с другими транзисторами (в этом случае на поле схемы помещают такую, например, запись: VT1—VT4 К1НТ251), либо берут код аналоговых микросхем DA и указывают принадлежность транзисторов к матрице в позиционном обозначении (рис.

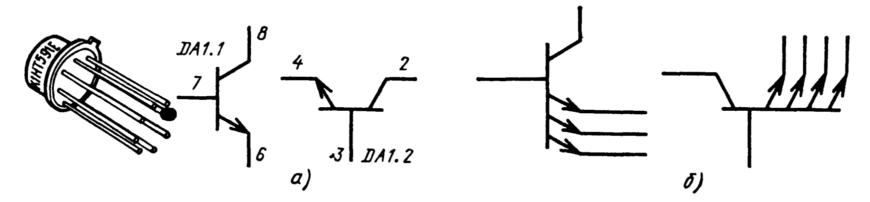


Рис. 130

130,*а*). У выводов таких транзисторов, как правило, приводят условные номера, присвоенные выводам корпуса, в котором выполнена сборка.

Без символа корпуса изображают на схемах и транзисторы аналоговых и цифровых микросхем (для примера на рис. 130,*б* показаны транзисторы структуры n-p-n с тремя и четырьмя эмиттерами).

Условные графические обозначения некоторых разновидностей биполярных транзисторов получают введением в основной символ специальных знаков. Так, чтобы изобразить лавинный транзистор, между символами эмиттера и коллектора помещают знак эффекта лавинного пробоя (рис. 131,*а*). При повороте условного обозначения положение этого знака должно оставаться неизменным.

Иначе построено обозначение так называемого однопереходного транзистора. У него один p-n переход, но два вывода базы. Символ эмиттера в обозначении этого транзистора проводят к середине символа базы (рис. 131,*б*). Об электропроводности базы судят по символу эмиттера (все сказанное ранее о транзисторах с двумя p-n переходами полностью применимо и к однопереходному транзистору).

На обозначение однопереходного транзистора похоже условное обозначение довольно большой группы транзисторов с p-n переходом, получивших название полевых. Основа такого транзистора — созданный в полупроводнике и снабженный двумя выводами (исток и сток) канал с электропроводностью n- или p-типа. Сопротивлением канала управляет третий электрод — затвор, соединенный с его средней частью p-n переходом. Канал полевого транзистора изображают так же, как и базу биполярного транзистора, но помещают в средней части кружка-корпуса (рис. 132,*а*), символы истока и стока присоединяют к нему с одной стороны, затвора — с другой. Чтобы не вводить каких-либо знаков для различения символов истока и стока, затвор изображают на продолжении линии истока. Электропроводность канала указывают стрелкой на символе затвора (на рис. 132,*а* изображен транзистор с каналом n-типа, а на рис. 132,*б* — с каналом p-типа).

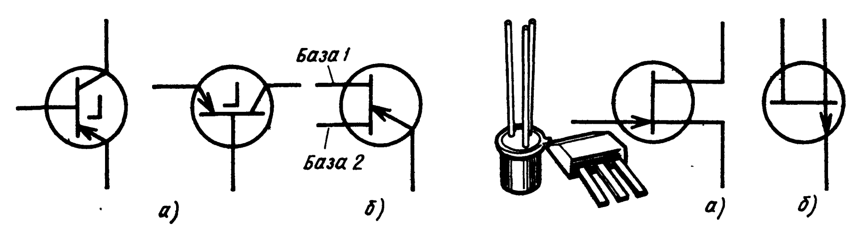


Рис. 131 **Рис. 132**

В условном обозначении полевого транзистора с изолированным затвором (его изображают в виде черточки, параллельной символу канала, с выводом на продолжении линии истока) электропроводность канала показывают стрелкой, помещенной между символами истока и стока: если она направлена к символу канала, то это значит, что изображен транзистор с каналом n-типа, а если в противоположную сторону, — с каналом p-типа (рис. 133,*а*, *б*). Аналогично указывают тип электропроводности канала и при наличии вывода от кристалла-подложки (рис. 133,*в*), а также при изображении полевого транзистора с так называемым индуцированным каналом, символ которого — три короткие штриха (рис. 133,*г*, *д*). Если подложка соединена с одним из электродов (обычно с истоком), это соединение показывают внутри символа без точки (рис. 133,*е*).

В полевом транзисторе может быть несколько затворов. Изображают их в этом случае короткими черточками, причем линию-вывод первого затвора обязательно помещают на продолжении линии истока (рис. 133,*ж*).

Линии-выводы полевого транзистора допускается изгибать лишь на некотором расстоянии от символа корпуса (рис. 133,*з*), который может быть соединен с одним из электродов или иметь самостоятельный вывод (рис. 133,*и*).

Из транзисторов, управляемых внешними факторами, в настоящее время находят применение **фототранзисторы.** В качестве примера на рис. 134 показаны условные обозначения фототранзисторов с выводом базы и без него.

Наряду с другими полупроводниковыми приборами, действие которых основано на фотоэлектрическом эффекте, фототранзисторы могут входить в состав оптронов. Обозначение фототранзистора в этом случае вместе с символом излучателя света (обычно светодиода) заключают в объединяющий их символ корпуса, а знак фотоэффекта заменяют знаком оптической связи — двумя параллельными стрелками. Для примера на рис. 135,*а* изображена одна из опто-

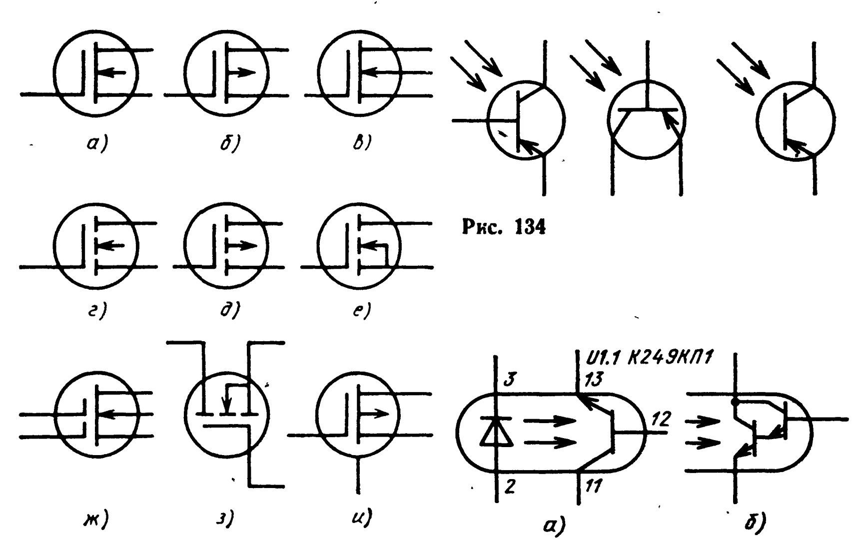


Рис. 133

Рис. 134

Рис. 135

пар сдвоенного оптрона К249КП1, о чем говорит позиционное обозначение U1.1. Аналогично строят условное графическое обозначение оптрона с составным транзистором (рис. 135,б).

АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Акустическими (вернее — электроакустическими) называют приборы, преобразующие энергию электрических колебаний в энергию звуковых или механических колебаний, и наоборот. Условные графические обозначения этих приборов построены на основе общих символов, установленных стандартом для каждого их вида.

Телефоны и громкоговорители. Общие символы телефона (рис. 136) и громкоговорителя (рис. 137) напоминают своими очертаниями внешний вид (проекцию сбоку) этих приборов в традиционном конструктивном исполнении. В таком виде обозначения применяют наиболее часто. Но, как известно, в телефонах и громкоговорителях используют разные способы преобразования электрических колебаний в звуковые: электромагнитный, электродинамический, пьезоэлектрический, электростатический и др. Эти особенности указывают на схемах специальными знаками.

Основу электромагнитных акустических приборов составляет постоянный магнит, на полюсных наконечниках которого размещены одна или две неподвижные катушки, и стальная мембрана или якорь. При прохождении через катушки переменного тока звуковой частоты образуется дополнительное магнитное поле, которое в зависимости от направления тока усиливает или ослабляет поле постоянного магнита. Результирующее магнитное поле воздействует на мембрану или якорь, в результате чего они колеблются с частотой тока через катушки. Источником звуковых колебаний в телефоне служит сама мембраиа, в громкоговорителе — диффузор, жестко связанный с якорем.

Электромагнитный принцип действия телефона или громкоговорителя отображают знаком электромагнита — упрощенным символом катушки с ферромагнитным магнитопроводом, помещаемым внутри общего символа (рис. 138).

В электродинамическом приборе также имеются постоянный магнит и катушка, но здесь она сделана подвижной (по отношению к магниту) и жестко соединена с диффузором. Колебания диффузора вызываются электродинамической силой, возникающей при прохождении через катушку переменного тока звуковой частоты. Электродинамический принцип преобразования сигнала указывают символом катушки без магнитопровода (рис. 139).

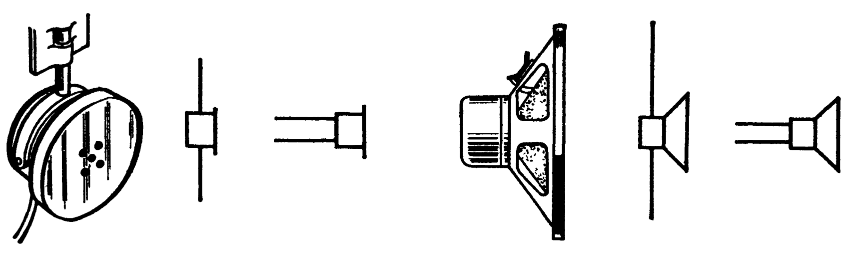


Рис. 136 Рис. 137

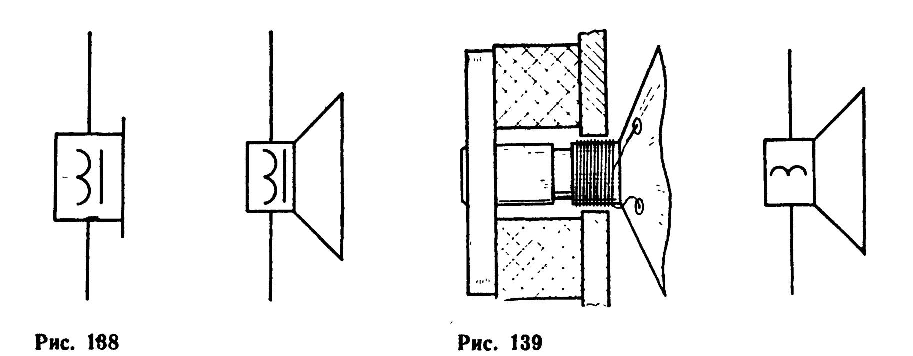


Рис. 138 Рис. 139

Главной частью пьезоэлектрических телефонов и громкоговорителей является пьезоэлемент — пластинка из специального вещества, обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Обычно пьезоэлемент состоит из двух склеенных вместе пластинок, между которыми помещен тонкий металлический электрод. На наружные поверхности пластинок также наклеены электроды, концы которых соединены вместе. Один из концов пьезоэлемента жестко закреплен на корпусе акустического прибора, другой связан с излучателем (мембраной или диффузором). При подаче на электроды напряжения звуковой частоты свободный конец пьезоэлемента и соединенный с ним излучатель колеблются с частотой приложенного напряжения, в результате чего мы слышим звук. Пьезоэлектрический способ преобразования сигнала обозначают узким прямоугольником, соответствующим пластинке, и двумя черточками, символизирующими обкладки (рис. 140).

В акустических приборах, использующих электростатический принцип преобразования электрического сигнала в звук, преобразователь выполнен в виде конденсатора, состоящего из неподвижной и подвижной пластин, помещенных на небольшом расстоянии одна от другой. Неподвижная пластина представляет собой достаточно массивный электрод, подвижная — тонкую мембрану. Для создания постоянной силы электростатического притяжения к обкладкам этого своеобразного конденсатора прикладывают постоянное напряжение. Напряжение звуковой частоты подают на резистор, включенный в цепь постоянного напряжения. Изменяющееся на обкладках напряжение вызывает изменение силы электростатического притяжения, и мембрана колеблется с частотой

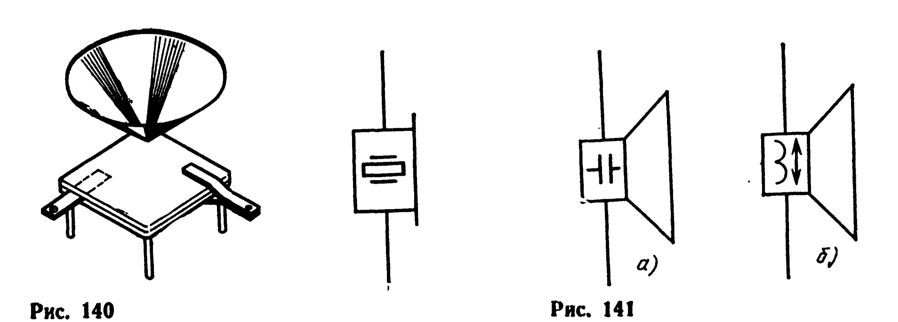


Рис. 140 Рис. 141

переменного напряжения. Электростатические приборы обозначают символом конденсатора постоянной емкости (рис. 141,*а*).

Акустические приборы, действие которых основано на использовании магнитострикции — свойства некоторых ферромагнитных материалов сокращаться или расширяться при намагничивании (либо изменять свою магнитную индукцию при механических деформациях), выделяют знаком, состоящим из символа катушки из двух полуокружностей и двунаправленной стрелки (рис. 141,*б*).

Стандарт предусматривает обозначение и других особенностей конструкции приборов этой группы. Так, если необходимо подчеркнуть, что телефоны снабжены оголовьем, к основному символу добавляют небольшую дужку (рис. 142,*а*), а если надо изобразить стереофонические телефоны, в него вводят символ таких приборов — знак в виде двух взаимно перпендикулярных стрелок (рис. 142,*б*). В последнем случае акустический прибор изображают с необходимым (соответствующим реальному) числом выводов, увеличивая, если нужно, размер основного символа.

Общий символ громкоговорителя используют не только для обозначения динамических головок, но и для обозначения абонентских громкоговорителей, а также целых акустических систем, содержащих несколько головок. Возможность регулирования громкости звучания (например, в абонентских громкоговорителях) показывают знаком регулирования (рис. 143,*а*). Головку, выполняющую поочередно функции громкоговорителя и микрофона (так ее нередко используют в малогабаритной аппаратуре симплексной связи), изображают на схемах со знаком обратимости преобразования — обоюдоострой стрелкой на оси симметрии (рис. 143,*б*).

Рядом с позиционным обозначением динамических головок громкоговорителей и акустических систем обычно указывают их тип.

Микрофоны. Рассмотренные знаки используют и для обозначения принципа действия микрофонов. Условное графическое обозначение этих акустических приборов сохранилось с тех пор, когда существовали только угольные микрофоны. Преобразование звука в электрические колебания происходило в них в результате изменения контакта угольных шарика и мембраны. Упрощенный профильный рисунок этих двух частей микрофона и стал его первым условным обозначением. Со временем изменилось соотношение размеров шарика и мембраны, иначе стали располагать линии-выводы, а сам символ превратился в общее обозначение микрофона (рис. 144,*а*, *б*). Для обозначения угольного микрофона теперь используют специальный знак — небольшой кружок, помещаемый в центре основного символа (рис. 144,*в*). Электродинамический, конденсаторный и пьезоэлектрический микрофоны изображают на схемах, как показано на рис. 144,*г*—*е*.

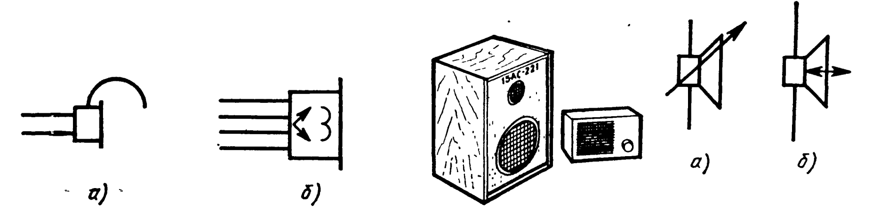


Рис. 142 **Рис. 143**

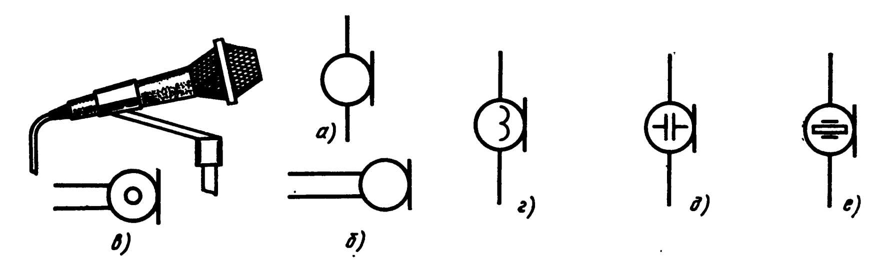


Рис. 144

На основе общего символа акустических приборов этой группы построены и обозначения ларингофонов — специальных микрофонов, прикладываемых к шее около гортани и предназначенных для телефонных переговоров в шумных условиях (в самолетах, танках и т. д.). Отличительный признак ларингофона на схеме — хорда, параллельная символу мембраны (рис. 145,*а*). Способ преобразования звука в электрические колебания и в этом случае указывают теми же знаками. Для примера на рис. 145,*б* приведен символ пьезоэлектрического ларингофона. Аналогично обозначают и остеофоны — микрофоны, использующие явление костной проводимости звука, которая хорошо выражена у костей черепа.

Условное обозначение стереофонического микрофона построено аналогично символу стереофонических телефонов (рис. 146).

Акустические головки. Для обозначения акустических головок, используемых в устройствах звукозаписи и звуковоспроизведения (рекордеры, звукосниматели, головки для магнитной и оптической записи и воспроизведения), раньше пользовались разными символами. Так, звукосниматели и рекордеры механической записи звука обозначали в виде утолщенной окружности, перечеркнутой в нижней части коротким штрихом, символизирующим иглу, и тонкой стрелкой, направленной в зависимости от назначения прибора внутрь символа (звукосниматель — см. рис. 147,*а*) или от него (рекордер — см. рис. 147,*б*). Магнитную головку обозначали незамкнутым кольцом, в разрыве которого помещали знак, характеризующий ее назначение (рис. 147,*в*, *г*).

Современные обозначения головок, используемых в звукозаписи, базируются на основе общего символа в виде «утюжка» (рис. 148,*а*). Добавление к нему штриха («иглы») в левой нижней части превращает его в символ механической головки (рис. 148,*б*), а знака в виде перевернутой буквы С — в символ магнитной головки (рис. 148,*в*). Назначение акустической головки (воспроизведение или запись) указывают стрелкой (рис. 148,*г*, *д*), направленной в

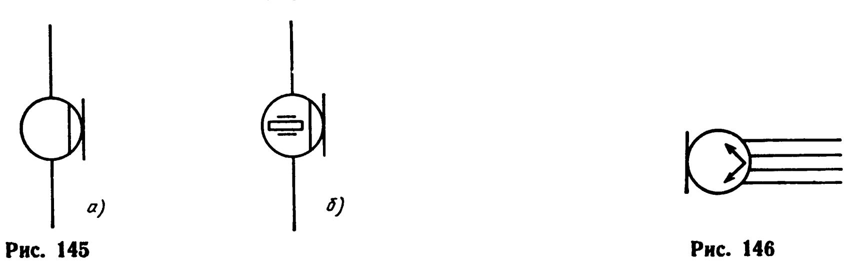


Рис. 145

Рис. 146

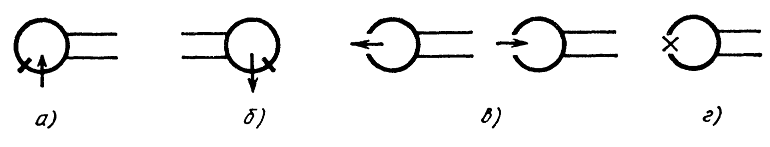


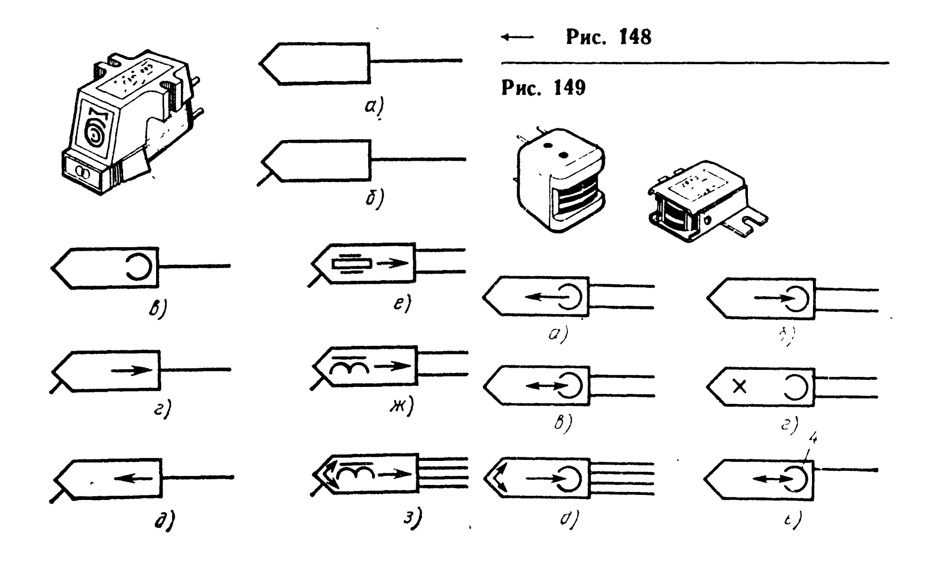
Рис. 147

сторону вывода (воспроизведение) или от него (запись). Таким образом, обозначение головки для воспроизведения записи с грампластинки (звукоснимателя) получается из символа механической головки и стрелки, направленной от иглы, а головки, преобразующей электрические колебания звуковой частоты в механические колебания резца, вырезающего звуковую канавку на лаковом диске (рекордера), — из того же символа, но со стрелкой, направленной в сторону иглы.

Принцип преобразования энергии в головках указывают теми же знаками, что и в условных обозначениях телефонов, громкоговорителей и микрофонов. В современной звуковоспроизводящей радиоаппаратуре применяют в основном пьезоэлектрические и электромагнитные звукосниматели. Соответствующие им символы пьезоэлемента и электромагнита изображают в левой части условного обозначения, как показано на рис. 148,*е*, *ж*.

Головки для механической записи и воспроизведения звука также делятся на монофонические и стереофонические. Принадлежность к первому типу в условных обозначениях не указывают, для выделения же стереофонических головок, как и в ранее рассмотренных случаях, используют знак стереофонического прибора (рис. 148,*з*).

Условные графические обозначения записывающей и воспроизводящей магнитных головок показаны на рис. 149,*а* и *б* соответственно. Универсальную магнитную головку изображают основным символом с двунаправленной стрелкой внутри (рис. 149,*в*), стирающую — тем же символом, но со знаком



← Рис. 148

Рис. 149

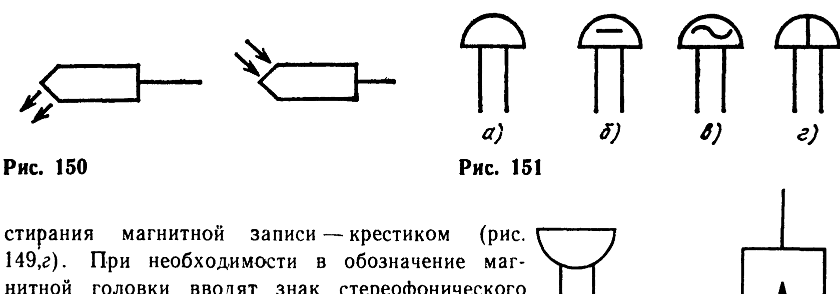


Рис. 150 Рис. 151

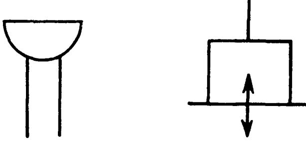


Рис. 152 Рис. 153

стирания магнитной записи — крестиком (рис. 149,*г*). При необходимости в обозначение магнитной головки вводят знак стереофонического прибора (рис. 149,*д*) и цифры, означающие число дорожек на магнитной ленте (рис. 149,*е*).

Оптические головки. ГОСТ 2.741—68 устанавливает также условные графические обозначения оптических головок (рис. 150). О назначении этих головок судят по знаку оптического прибора — двум параллельным стрелкам, изображенным вблизи суженной части утюжка. Если они направлены к нему, то это значит, что головка воспроизводящая, а если от него — записывающая.

Электрические звонки изображают в виде упрощенного рисунка их звучащей части — колокольчика (рис. 151,*а*). Если требуется указать род тока, необходимого для работы звонка, внутри символа помещают условное обозначение постоянного (горизонтальная черточка) или переменного (синусоида) тока (рис. 151,*б*, *в*). Звонок, реагирующий на включение тока одним ударом молоточка (гонг), обозначают общим символом с вертикальной чертой, делящей его пополам (рис. 151,*г*).

Зуммеры. В полевых телефонах, а также в устройствах для обучения приему на слух телеграфных сигналов применяют зуммеры, устройство которых примерно такое же, как и звонка. Условное обозначение зуммера — тот же полукруг, но с выводами, присоединенными к его круглой части (рис. 152).

Ультразвуковой гидрофон (головка прибора для измерения глубины воды) обозначают несколько увеличенным и повернутым на 90° символом телефона (рис. 153). Возможность излучения и приема ультразвуковых колебаний указывают обоюдоострой стрелкой, пересекающей нижнюю (по рисунку) сторону символа.

АНТЕННЫ

Антенны (от лат. слова antenna — мачта, рея) в передатчиках служат для преобразования радиочастотных электрических колебаний в энергию электромагнитного поля (радиоволн), в приемниках — для преобразования энергии радиоволн в токи радиочастоты.

Любую антенну можно использовать как для передачи, так и для приема, причем ее характеристики (диапазон частот, направленные свойства и др.) сохраняются. Этим в значительной мере объясняется тот факт, что назначение антенны (приемная или передающая) ее условное обозначение обычно не отражает. Само расположение символа антенны на схеме однозначно определяет ее функцию (напомним, что развитие схемы, как правило, происходит слева направо).

Общее обозначение антенны (см. рис. 2 и 19,*ж*) применяют в тех случаях, когда нужно показать несимметричную антенну, т. е. антенну, соединяемую с передатчиком или приемником одним проводом (вторым проводом служит земля). Такие антенны используют в диапазонах длинных, средних и коротких волн. В ультракоротковолновом диапазоне, а также в коротковолновом применяют симметричные антенны, т. е. антенны с двухпроводным выходом (или входом). Общее обозначение симметричной антенны отличается от указанных наличием двух выводов (рис. 154,*а*).

Назначение и особенности антенны в самом общем виде показывают знаками направления распространения потока электромагнитной энергии. Символы приемной, передающей и приемно-передающей антенны, построенные с применением этих знаков, показаны на рис. 40,*в*—*д*.

Стандарт ЕСКД предусматривает специальные знаки для указания таких особенностей антенн, как ширина и характер движения (вращение, качание) главного лепестка диаграммы направленности, тип поляризации, направленность по азимуту и высоте и т. д. В качестве примеров использования таких знаков на рис. 154 показаны условные обозначения вращающейся антенны (*б*) и антенн с горизонтальной (*в*) и вертикальной (*г*) поляризацией.

Для повышения эффективности несимметричных передающих и приемных антенн используют заземление (в простейшем случае — это металлический лист или труба, зарытые на глубину почвенных вод). На схемах заземление изображают тремя короткими штрихами, вписанными в прямой угол (рис. 155,*а*). Иногда вместо заземления применяют противовес — большое число проводов, натянутых над поверхностью земли на небольшой высоте. Такое устройство обозначают двумя параллельными линиями разной длины, большая из которых символизирует землю (рис. 155,*б*).

Рассмотренные условные обозначения построены функциональным методом. Другими словами, за их основу взят общий символ антенны, а характеристики выражены вспомогательными знаками. В радиотехнике такие обозначения применяют в основном в структурных и функциональных схемах, т. е. на первых этапах разработки прибора, когда характеристики антенны определены, а конкретный тип ее еще не выбран.

В принципиальных схемах чаще используют условные графические обозначения, напоминающие предельно упрощенные рисунки конкретных разновидностей антенн. Так, простейшую антенну — **несимметричный вибратор** (вертикальный провод, штырь) изображают отрезком вертикальной утолщенной линии (рис. 156). Подобные антенны применяют в диапазонах длинных, средних, коротких и ультракоротких волн. Однако для хорошей работы такой антенны ее длина должна быть равна примерно четверти длины рабочей волны. В диапазонах коротких и ультракоротких волн, длина которых не превышает нес-

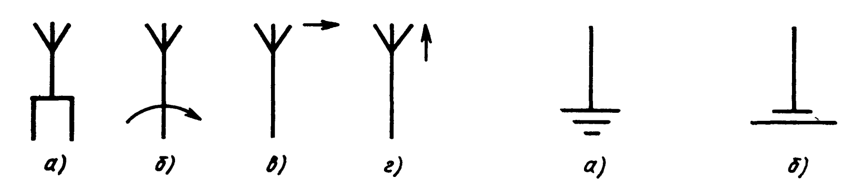


Рис. 154 **Рис. 155**

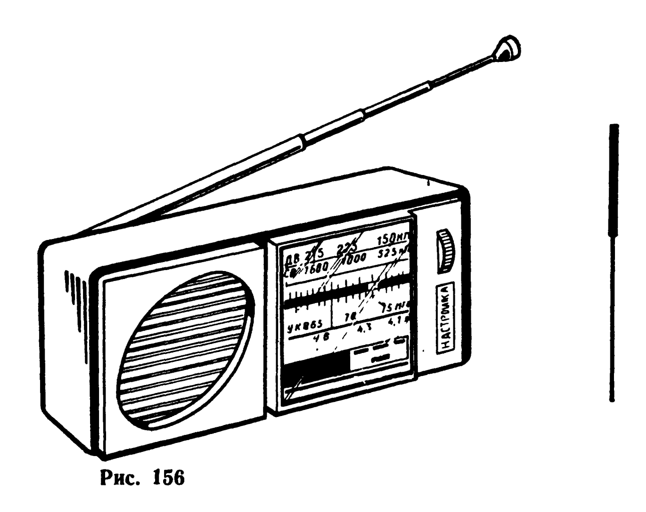


Рис. 156

кольких десятков метров, это требование выполнить легко, а вот на средних и тем более на длинных волнах — гораздо труднее, так как четверть длины волны в этих диапазонах достигает сотен метров. Чтобы не строить дорогостоящие высотные сооружения, к верхнему концу вертикального провода (вибратора) присоединяют один или несколько горизонтальных проводов, действие которых заключается в кажущемся удлинении вибратора. На схемах Г-образную и Т-образную антенны обозначают символами, наглядно передающими их характерные особенности (рис. 157,*а*, *б*).

У рассмотренных несимметричных вибраторов излучателем (приемником) радиоволн служит вертикальная часть. В диапазонах же коротких и ультракоротких волн в силу особенностей их распространения обычно применяют антенны, у которых рабочими являются горизонтальные части. Простейшей антенной в этих диапазонах является симметричный вибратор, представляющий собой два изолированных горизонтальных проводника одинаковой длины, между которыми подключена двухпроводная линия, соединяющая антенну с приемником или передатчиком. Эту линию связи называют фидером (от англ. feeder — питатель). Общая длина вибратора обычно равна примерно половине длины рабочей волны.

Симметричный вибратор (его условное графическое обозначение показано на рис. 158) обладает явно выраженными направленными свойствами. Лучше всего он принимает или излучает в плоскости, перпендикулярной его оси, ху-

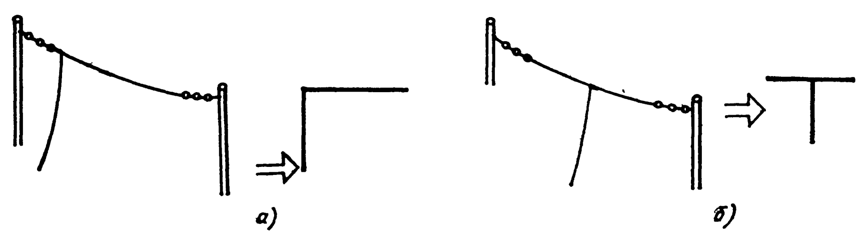


Рис. 157

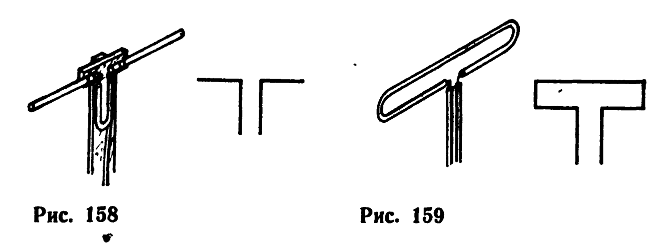


Рис. 158 Рис. 159

же всего — в плоскостях, проходящих через нее. Поэтому такую антенну (например, для приема телевидения) располагают таким образом, чтобы ее горизонтальные части (плечи) были перпендикулярны направлению на телецентр.

На практике часто требуется, чтобы антенна могла излучать или принимать радиоволны в достаточно широкой полосе частот. Достигают этого использованием в качестве плеч вибратора нескольких параллельных проводников, соединенных концами. Антенны такой конструкции, известные под названием диполя Надененко, нашли широкое применение в коротковолновой связи. С той же целью (расширение диапазона частот) телевизионные антенны часто изготовляют из отрезков толстых трубок или применяют сложные вибраторы, например петлевые.

Петлевой вибратор представляет собой два полуволновых вибратора, соединенных концами. Эта особенность конструкции петлевого вибратора нашла отражение и в его условном обозначении (рис. 159).

Важным условием хорошей работы антенны является согласование ее входного сопротивления с волновым сопротивлением фидера, так как только в этом случае она может излучать или принимать наибольшую мощность. Для согласования антенн с фидером используют специальные устройства в виде отрезков двухпроводных линий или применяют так называемое шунтовое питание вибраторов.

Симметричный вибратор шунтового питания представляет собой сплошной проводник длиной, также равной половине длины волны. Фидер подключают к нему в двух точках, расположенных симметрично относительно его середины. Изменяя места подключения фидера к вибратору, можно добиться равенства входного сопротивления антенны волновому сопротивлению фидера, т. е. согласования. Точно так же согласовывают с фидером и петлевые вибраторы шунтового питания. Условное обозначение полуволнового вибратора с шунтовым питанием представлено на рис. 160.

При использовании в качестве фидера коаксиального кабеля возникает необходимость в симметрировании, т. е. создании условий, при которых токи в точ-

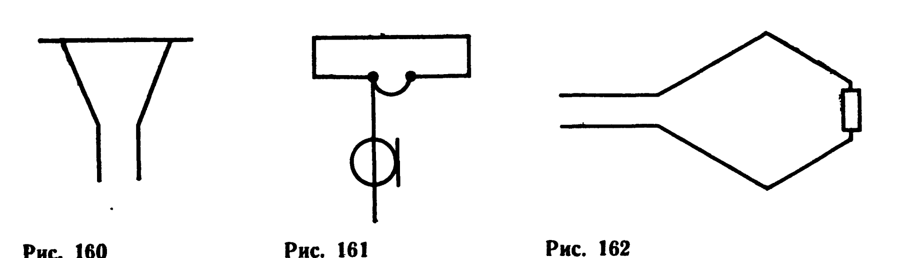


Рис. 160 Рис. 161 Рис. 162

ках подсоединения к вибратору имеют противоположные фазы. На практике симметрирующее устройство выполняют в виде отрезка кабеля полуволновой длины, согнутого в виде буквы U. Питание через коаксиальный кабель с симметрирующим устройством такого рода иллюстрирует условное обозначение петлевого вибратора, показанное на рис. 161 (кабель здесь обозначен кружком с отрезком касательной, параллельной линии электрической связи, а согласующее устройство — дугой, соединяющей выводы вибратора).

Для связи на коротких волнах антенны должны быть однонаправленными, т. е. излучать и принимать радиоволны они должны только с одного направления. Типичным представителем таких антенн является **ромбическая антенна**, представляющая собой ромб, выполненный из провода, стороны которого примерно вчетверо больше длины волны. К одному из острых углов антенны подключают двухпроводный фидер, а к другому — поглощающую нагрузку, сопротивление которой равно волновым сопротивлениям антенны и фидера. В условном обозначении ромбической антенны символ резистора (поглощающей нагрузки) уменьшен по сравнению с обычным примерно вдвое. Это делает обозначение антенны более компактным (рис. 162).

В метровом и дециметровом диапазонах волн часто используют **антенны «волновой канал»**, обладающие значительно бо́льшим, по сравнению с одиночным вибратором, коэффициентом направленного действия. Такая антенна, кроме основного — активного — вибратора, содержит несколько пассивных. Один из них, расположенный за активным, называют рефлектором (от лат. reflectere — отражать), остальные (расположенные перед активным) — директорами (directio — направлять). Длина рефлектора — несколько больше, а директоров — несколько меньше длины активного вибратора. На схемах это показывают различной длиной соответствующих символов в условном обозначении антенны «волновой канал» (рис. 163).

С целью улучшения направленных свойств антенн применяют также металлические рефлекторы в виде согнутых из металлического листа уголков, параболоидов и т. п. Условное обозначение такого рефлектора воспроизводит (конечно, упрощенно) его профиль в сечении. В качестве примера на рис. 164 показаны условные графические обозначения антенны с излучателем (приемником) в виде симметричного вибратора и уголковым рефлектором (*а*) и антенны с криволинейным рефлектором (*б*), вибратор которой питается через

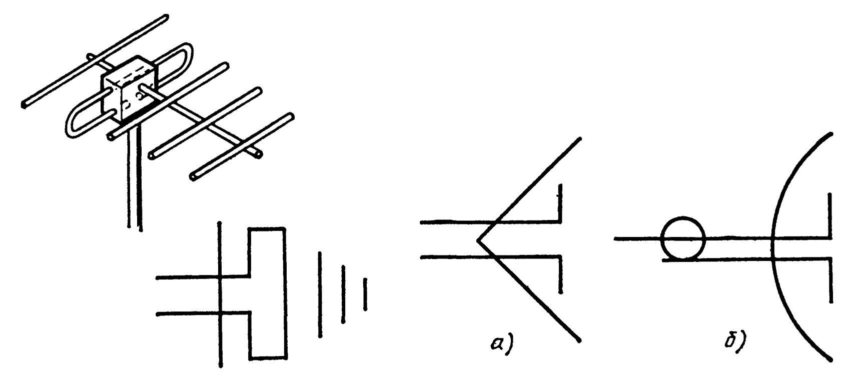


Рис. 163 **Рис. 164**

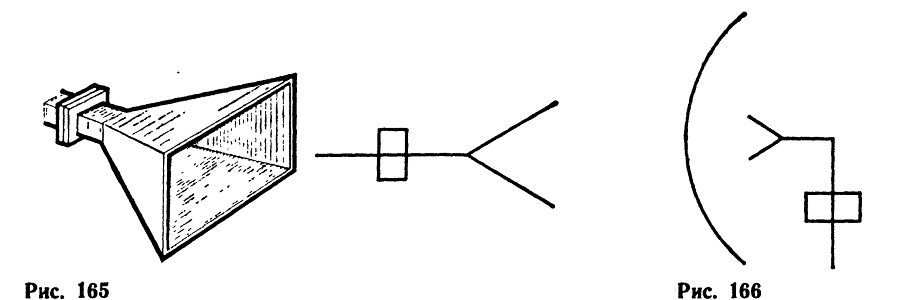


Рис. 165

Рис. 166

коаксиальный кабель (симметрирующее устройство для простоты не изображено).

Для передачи электромагнитной энергии в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн используют волноводы — металлические трубы, обычно прямоугольного сечения. Открытый конец волновода излучает электромагнитные волны. Чтобы улучшить излучение, к нему пристраивают пирамидальную воронку, которую называют **рупорной антенной.** Условное обозначение последней приведено на рис. 165. Здесь уголок, напоминающий гнездо разъемного соединения, символизирует рупор антенны, прямоугольник на присоединенной к нему линии электрической связи — волновод прямоугольного сечения.

Улучшение направленных свойств в этих диапазонах волн можно также получить применением металлического рефлектора, поместив в его раскрыв рупорный излучатель (рис. 166). Хорошими направленными свойствами обладает и так называемая **диэлектрическая антенна.** Она представляет собой сплошной или полый стержень из высококачественного диэлектрика (полистирола, полиэтилена), на основание которого надет металлический стакан, выполняющий функции рефлектора. На расстоянии в четверть длины волны от дна стакана в теле антенны закреплен возбуждающий штырь. Благодаря особой форме образующей стержня электромагнитные волны выходят из него под одинаковыми углами к оси, в результате чего и создается направленное излучение. Условное графическое обозначение диэлектрической антенны — узкий заштрихованный наклонными линиями треугольник с линией-выводом от меньшего основания (рис. 167).

Широкое применение в радиоприемной технике нашли так называемые **магнитные антенны** (они реагируют не на электрическую составляющую электромагнитных волн, как все рассмотренные ранее антенны, а на магнитную). Простейшая антенна такого типа — рамка, состоящая из одного или нескольких витков провода. Независимо от формы витков рамочную антенну изображают в виде незамкнутого квадрата с линиями-выводами от соседних сторон (рис. 168).

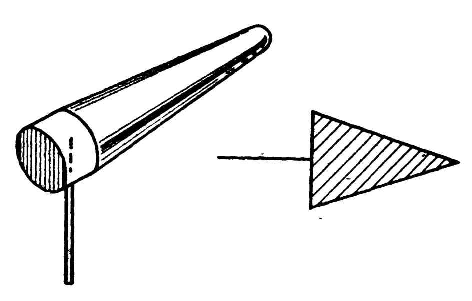


Рис. 167

Гораздо чаще используют магнитные антенны с магнитопрово-

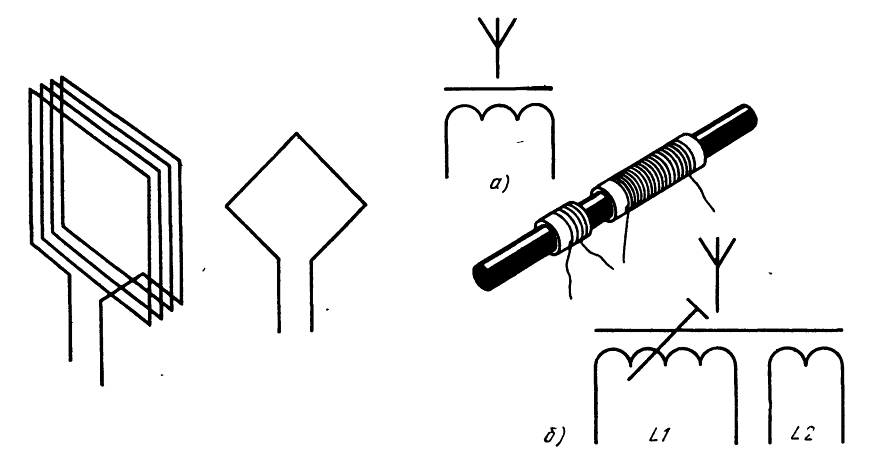


Рис. 168 Рис. 169

дом из феррита. На схемах их обозначают как одну или несколько (по числу обмоток) катушек индуктивности с общим магнитопроводом, но в отличие от последних располагают всегда горизонтально (рис. 169,*а*). Принадлежность к антенным устройствам показывают общим символом, помещая его над серединой условного обозначения магнитопровода. Обмотки магнитной антенны обычно используют в качестве катушек входных колебательных контуров, поэтому обозначают их кодом катушек — латинской буквой L, а возможность подстройки их индуктивности (перемещением по магнитопроводу) показывают уже знакомым знаком подстроечного регулирования (рис. 169,*б*).

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Для измерения и контроля электрических и неэлектрических величин в технике используют всевозможные измерительные приборы. Условное графическое обозначение такого прибора — окружность с двумя разнонаправленными линиями-выводами (рис. 170). Назначение прибора показывают, вписы-

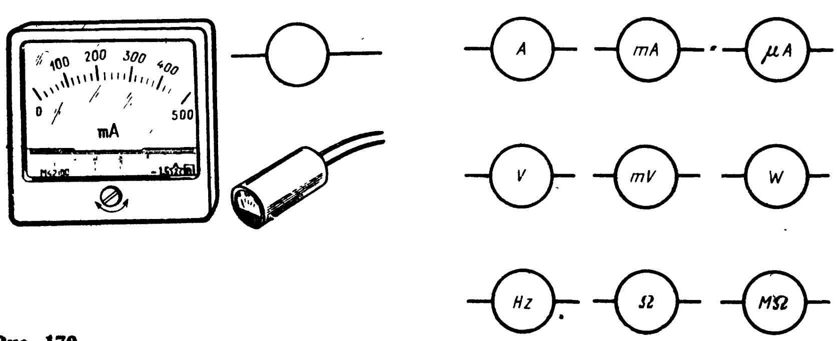


Рис. 170

вая в этот символ международное (в системе СИ) обозначение единицы измеряемой величины. Так, прописная буква А обозначает прибор, измеряющий силу тока в амперах, V — напряжение в вольтах, W — мощность в ваттах, Hz — частоту в герцах, Ω — сопротивление в омах. Аналогично, чтобы показать прибор для измерения физической величины в кратных или дольных единицах, в окружность вписывают их международное обозначение (mA — миллиамперметр, μA — микроамперметр, mV — милливольтметр, MΩ — мегометр и т. д.). При необходимости возле линий-выводов указывают полярность подключения прибора, а рядом с позиционным обозначением его тип.

Общепринятые буквенные обозначения физических величин используют при построении условных обозначений таких приборов, как фазомер (в окружность вписывают греческую букву φ), волномер (λ), термометр (t°), тахомер (n). Символы этих приборов показаны на рис. 171.

Знаком в виде профильного рисунка двояко-выпуклой линзы обозначают на схемах уровнемер (рис. 172,*а*), математическим знаком «±» — индикатор полярности (рис. 172,*б*), зигзагообразной линией — осциллоскоп (рис. 172,*в*), знаком в виде прямого уголка — вторичные электрические часы (рис. 172,*г*; первичные часы выделяют второй окружностью, концентричной с основной).

Особенности измерительных приборов отображают знаками, помещаемыми в нижней части символа. Так, если необходимо подчеркнуть, что стрелка прибора может отклоняться в обе стороны от нулевой отметки, находящейся в середине шкалы, используют две расходящиеся под углом 60° стрелки (рис. 173,*а*) или одну, перпендикулярную линиям-выводам (рис. 173,*б*). Одной стрелкой, не касающейся символа, обозначают гальванометр (рис. 173,*в*). Прибор с цифровым отсчетом измеряемой величины выделяют знаком в виде трех нулей, охваченных снизу прямой скобкой, а чтобы этот знак уместился в окружности, ее диаметр увеличивают до нужного размера (рис. 173,*г*).

Электромеханический счетчик импульсов изображают на схемах символом, похожим на условное обозначение поляризованного электромагнитного реле, в дополнительное поле которого помещен маленький кружок (рис. 173,*д*).

В основу обозначений измерительных регистрирующих приборов положен символ в виде квадрата. Регистрируемую величину и в этом случае указывают одним из рассмотренных ранее способов. В нижней части квадрата помещают специальные знаки, характеризующие вид записи измеряемой величины: изви-

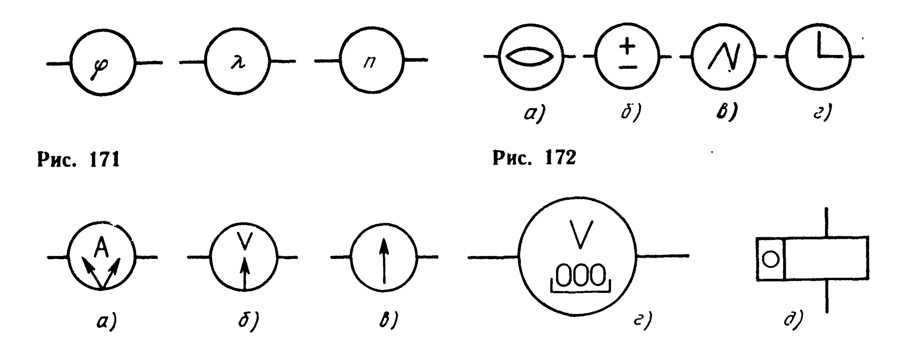


Рис. 171

Рис. 172

Рис. 173

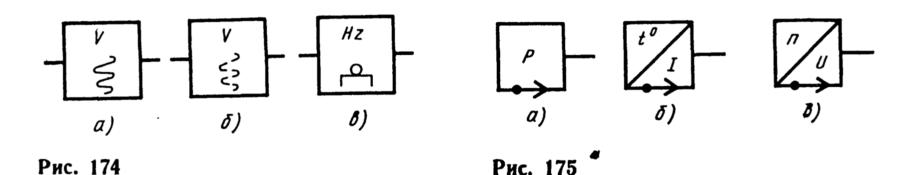


Рис. 174 Рис. 175

листой линией (змейкой) обозначают непрерывную запись (рис. 174,*а*), такой же линией с пробелами — запись с точечной регистрацией (рис. 174,*б*), кружком со скобкой — печать с цифровой регистрацией (рис. 174,*в*).

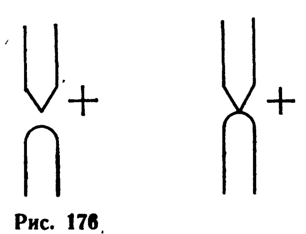


Рис. 176

Квадрат чуть меньших размеров используют для обозначения всевозможных датчиков (преобразователей неэлектрических величин в электрические). Принадлежность к этому виду устройств отражают точка и стрелка на нижней части квадрата, указывающая направление преобразования. В общем случае внутри символа указывают только измеряемую величину или единицу ее измерения (рис. 175,*а*). Если же необходимо указать конкретную величину, в которую преобразуется контролируемая, квадрат делят на части и в ту из них, которая граничит с линией-выводом, вписывают обозначение выходного параметра. С учетом сказанного, в условном обозначении, изображенном на рис. 175,*б*, нетрудно узнать датчик температуры, преобразующий ее колебания в изменяющийся ток, а в символе, показанном на рис. 175,*в*, — датчик, преобразующий частоту вращения контролируемого устройства в пропорциональное ей напряжение.

Для измерения тока в широком диапазоне частот (от десятков герц до нескольких мегагерц) применяют приборы, в которых датчиком служит термопреобразователь — устройство, состоящее из включаемого в контролируемую цепь нагревательного элемента (в виде проволоки) и термопары. Термопара представляет собой спай двух проводников из разных металлов (например, железа и константана), на выводах которого при нагревании создается ЭДС (ее измеряют чувствительным прибором). Символ термопары — две ломаные линии, сходящиеся под углом 60°, нагревательного элемента — дужка с линиями-выводами, направленными в противоположную сторону (рис. 176). При наличии контакта между спаем и нагревателем символы изображают соприкасающимися, а если его нет, — на небольшом расстоянии один от другого. Знак «+» в обозначении термопреобразователя обозначает положительный вывод термопары.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ, ИСТОЧНИКИ ТОКА, ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И РАЗРЯДНИКИ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Пьезоэлектрические приборы. В современной радиотехнике и радиоэлектронике широко используются приборы, действие которых основано на так называемом пьезоэлектрическом (от греч. piézo — давлю) эффекте. Различают прямой пьезоэлектрический эффект (возникновение электрических зарядов на

поверхности тела, подвергнутого механической деформации) и обратный (деформация тела под действием электрического поля). Оба эффекта всегда сопутствуют друг другу.

Простейший пьезоэлемент представляет собой пластинку из пьезоэлектрического материала с двумя (наподобие конденсатора) обкладками. Стилизованный профильный рисунок такого элемента и лег в основу его графического обозначения, показанного на рис. 177,*а*; узкий светлый прямоугольник символизирует здесь пластинку, а две короткие черточки — обкладки.

Если к обкладкам пьезоэлемента подвести переменное напряжение, то вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта его пластинка начнет колебаться с частотой напряжения. При равенстве частот этого напряжения и собственных механических колебаний наступает резонанс, и амплитуда собственных колебаний резко возрастает, что, в свою очередь, ведет к увеличению амплитуды напряжения на обкладках (прямой пьезоэлектрический эффект). Иными словами, в этом случае пьезоэлемент (его называют резонатором) ведет себя, как настроенный на определенную частоту колебательный контур с очень высокой добротностью и стабильностью настройки. Это свойство и обусловливает применение пьезоэлектрических резонаторов в тех случаях, когда необходима высокая стабильность частоты. В качестве резонаторов используют пластинки (реже — стержни, кольца), вырезанные определенным образом из кристаллов кварца, турмалина и некоторых других материалов.

Для защиты от влияния окружающей среды резонаторы нередко помещают в герметичный корпус. На схемах его изображают в виде окружности, охватывающей символ пьезоэлемента (рис. 177,*б*).

На основе пьезоэлектрических резонаторов изготовляют всевозможные полосовые фильтры. В простейшем случае — это пластинка в виде диска из пьезокерамики, на одну из сторон которой нанесены не одна, а две обкладки (центральная и периферийная кольцевая). Такой пьезоэлемент ведет себя, как система из двух резонаторов с сильной механической связью и ярко выраженными селективными свойствами. Конструктивная особенность подобного пьезоэлемента отражена и в его условном обозначении, которое отличается от рассмотренного ранее числом символов обкладок с одной стороны символа пластинки, имеющего соответственно большую длину (рис. 177,*в*).

Полосовой фильтр можно получить, соединив определенным образом несколько отдельных резонаторов. Поскольку для «чтения» схем вовсе необязательно знать «начинку» подобных фильтров, их обычно изображают упрощенно — в виде небольшого квадрата или прямоугольника с необходимым числом выводов и уже знакомым символом полосового фильтра в виде трех синусоид, две из которых перечеркнуты (рис. 178).

Пьезоэлектрические преобразователи находят широкое применение в звукоснимателях электропроигрывающих устройств, микрофонах, телефонах, а так-

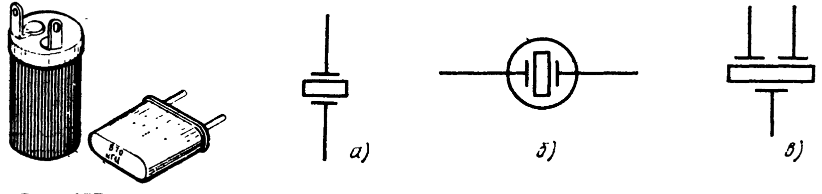


Рис. 177

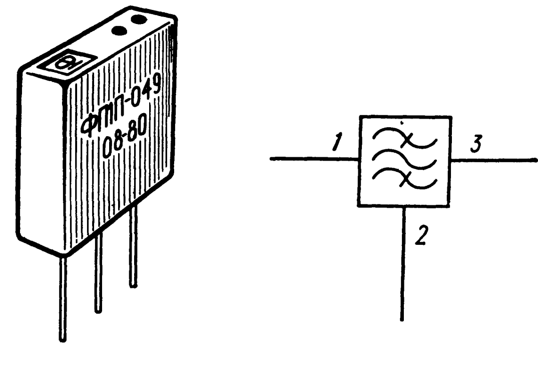


Рис. 178

же в ультразвуковых линиях задержки — устройствах, задерживающих проходящий через них электрический сигнал на определенное время. Последние содержат два преобразователя, разделенных твердой или жидкой средой (например, ртутью), в которой ультразвуковые колебания распространяются с относительно небольшой скоростью. Один из преобразователей служит для возбуждения в среде продольных механических колебаний, другой — для преобразования дошедших до него колебаний снова в электрические.

Условное обозначение пьезоэлектрической линии задержки построено на основе двух символов пьезоэлементов, объединенных знаком временной задержки — отрезком прямой линии с засечками на концах — и помещенным над ней математическим обозначением временного интервала Δt (рис. 179). Если необходимо, вместо букв указывают конкретное значение задержки (например, 100μs), помещают на их месте символ задерживающей среды (узкий, вытянутый параллельно знаку задержки прямоугольник, если она твердая, или химический символ, например Hg, если она из ртути).

Линии задержки и полосовые фильтры изготовляют также на основе магнитострикционных (от лат. strictio — сжатие, натяжение) материалов (никель, пермаллой, ферриты и т. д.), изменяющих размеры и форму при намагничивании и, наоборот, намагниченность при механических деформациях (эффект Виллари). Магнитострикционные преобразователи, устанавливаемые на входе и выходе фильтров (их называют электромеханическими) и ультразвуковых линий задержки, состоят из обмотки и магнитопровода, изготовленного из одного из указанных материалов, поэтому их условное обозначение напоминает символ катушки с магнитопроводом, только последний изображают в виде двунаправленной стрелки. Из двух таких символов, объединенных знаком временной задержки, и состоит обозначение ультразвуковой магнитострикционной ли-

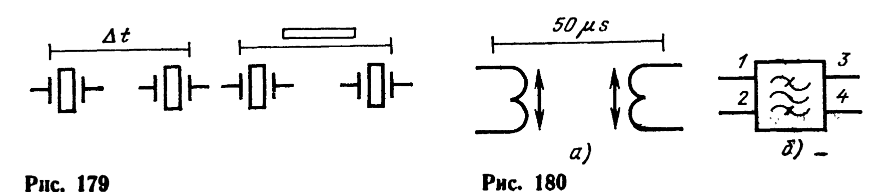


Рис. 179　　Рис. 180

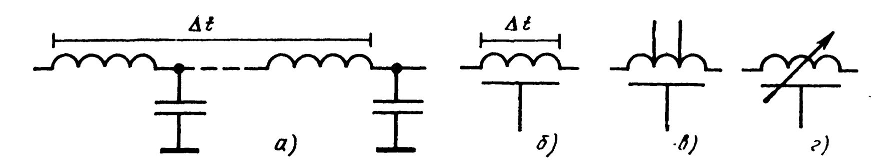


Рис. 181

нии задержки (рис. 180,*а*). Для обозначения электромеханического фильтра используют символ, показанный на рис. 180,*б*.

Для задержки сигналов применяют и искусственные линии, составленные из большого числа соединенных определенным образом катушек и конденсаторов. С целью упрощения такие устройства обозначают на схемах либо только символами двух крайних ячеек, заменяя остальные штриховой линией (рис. 181,*а*), либо еще более простым обозначением (рис. 181,*б*), в котором три полуокружности символизируют все катушки линии, а параллельная им прямая с линией-ответвлением — все конденсаторы (их нижние — по схеме — обкладки). В последнем случае знак временной задержки допускается не указывать. Это удобно при изображении линии задержки с отводами (рис. 181,*в*) и с плавным регулированием (рис. 181,*г*).

Линией задержки может служить отрезок коаксиального кабеля (ее в этом случае называют линией с распределенными параметрами — индуктивностью и емкостью). Такую линию задержки изображают в виде отрезка прямой со знаками коаксиальной линии на концах и символом временной задержки над ними (рис. 182).

Источники тока. Для автономного питания радиоэлектронной аппаратуры наиболее широко используют электрохимические источники тока — гальванические элементы и аккумуляторы. Условное графическое обозначение элементов питания напоминает символ конденсатора постоянной емкости — те же две параллельные черточки, только разной длины: короткая обозначает отрицательный полюс, длинная — положительный (рис. 183,*а*). Такая символика хорошо запоминается, поэтому знаки «+» и «—» на схемах можно не указывать.

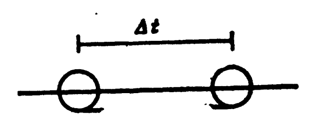


Рис. 182

Поскольку для питания прибора чаще всего требуется напряжение, большее то-

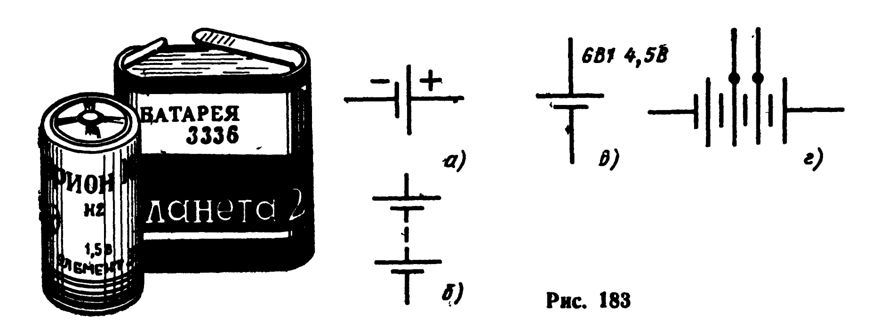


Рис. 183

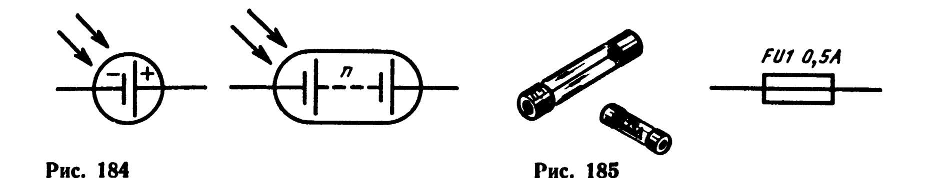


Рис. 184 Рис. 185

го, что обеспечивает один элемент или аккумулятор, их соединяют в батарею. Чтобы не загромождать схему большим числом одинаковых символов элементов, батарею обозначают упрощенно: изображают только крайние элементы, а наличие остальных показывают штриховой линией (рис. 183,*б*). ГОСТ 2.742—68 допускает обозначать батарею еще более просто — символом одного элемента (рис. 183,*в*). Рядом с позиционным обозначением в любом случае указывают номинальное напряжение батареи (например, 4,5 В).

Отводы от части элементов показывают линиями, продолжающими черточки, которые обозначают положительные полюсы (рис. 183,*г*). Естественно, в подобном случае изображают более двух элементов батареи. В местах присоединения линий-отводов к символам положительных полюсов ставят точки.

На основе символа электрохимического элемента построены и условные графические обозначения так называемых солнечных фотоэлементов и батарей. Отличительные признаки этих источников тока — баллон-корпус в виде окружности или овала и знак фотоэлектрического эффекта (рис. 184). На месте буквы п в обозначении солнечной батареи указывают число образующих ее элементов.

Предохранители и разрядники. Для защиты от перегрузок по току и коротких замыканий в нагрузке в приборах с питанием от сети часто используют плавкие предохранители. Условное обозначение этих изделий — почти такое же, как и у постоянных резисторов (рис. 185). Отличие заключается только в проходящей через весь прямоугольник линии, символизирующей сгорающую при перегрузке металлическую нить. Рядом с обозначением предохранителя, как правило, указывают и ток, на который он рассчитан.

В аппаратуре с высоковольтным питанием для защиты некоторых элементов от опасных для них перенапряжений применяют разрядники. В простейшем случае — это два электрода, установленных на изоляционном основании на определенном расстоянии один от другого (например, печатный проводник, разделенный на две части просечкой платы насквозь). Символ искрового промежутка — две встречно направленные стрелки с углом раскрыва 60° (рис. 186,*а*). Если же такое устройство выполнено в виде самостоятельного изделия, используют обозначение, показанное на рис. 186,*б*. При необходимости в такой общий символ вводят дополнительные знаки. Например, чтобы показать, что разрядник трубчатый, его дополняют еще одной стрелкой на продолжении нижней — по рисунку — линии-выводе. Условное обозначение вакуумного разрядника получают, заключая символ искрового промежутка в символ баллона электровакуумного прибора (рис. 186,*в*).

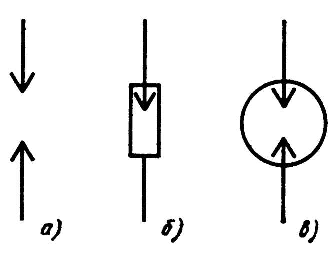


Рис. 186

Электродвигатели. В устройствах автоматики и телемеханики, в бытовой радиоаппаратуре для привода различных механизмов применяют электродвигатели. В магнитофонах и электропроигрывателях — это чаще всего асинхронные двигатели переменного тока и коллекторные двигатели постоянного тока. Первые из них обычно имеют короткозамкнутый ротор в виде так называемой «беличьей клетки» и статор с двумя обмотками: рабочей (или основной) и фазосдвигающей (последовательно с ней включают конденсатор, благодаря чему создается вращающееся магнитное поле). Условное графическое обозначение такого электродвигателя состоит из символов названных частей: окружности, символизирующей ротор, и двух цепочек полуокружностей, обозначающих статорные обмотки (рис. 187,*а*). Символ основной обмотки помещают над окружностью-ротором, а фазосдвигающий — справа от нее, под углом 90° к символу основной. Рядом с условным графическим обозначением обычно указывают тип электродвигателя.

Если необходимый сдвиг фазы создается короткозамкнутым витком на полюсе статора, его изображают в виде замкнутой накоротко обмотки, развернутой по отношению к символу основной на угол 45° (рис. 187,*б*).

В электродвигателях постоянного тока на статоре устанавливают постоянные магниты, а обмотку размещают на роторе. Для автоматической коммутации ее секций используют узел, состоящий из двух щеток и нескольких пластин, соединенных с обмоткой. Все эти особенности конструкции отражены и в условном обозначении коллекторного электродвигателя, показанном на рис. 188: здесь окружность, как и ранее, символизирует ротор, касающиеся ее узкие прямоугольники — щетки, а светлая П-образная скоба — постоянные магниты статора.

Лампы накаливания, применяемые в радиоэлектронной аппаратуре в качестве элементов индикации, источников оптического излучения, а также для подсветки шкал настройки, измерительных приборов и т. д., изображают на схемах в виде перечеркнутой крест-накрест окружности, символизирующей ее

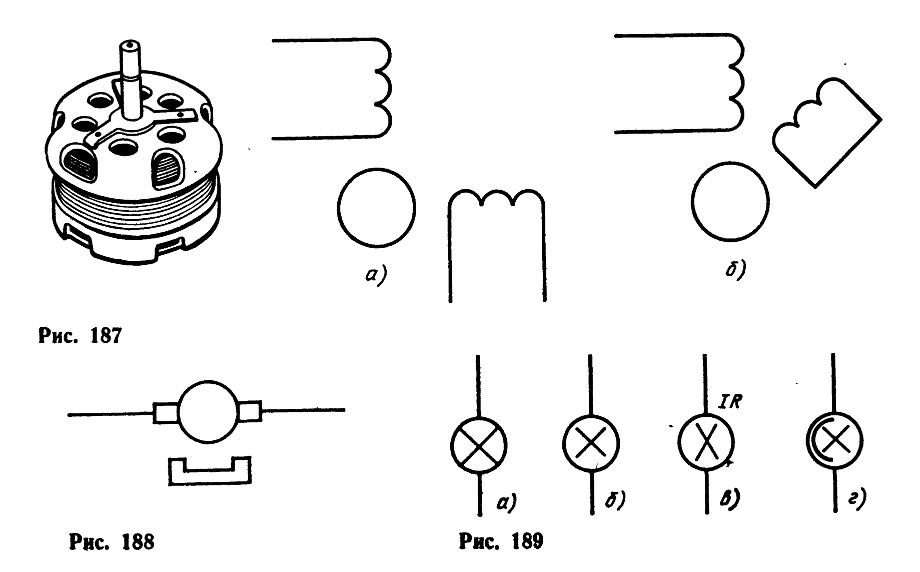


Рис. 187

Рис. 188

Рис. 189

баллон, с двумя линиями-выводами (рис. 189,*а*). В зависимости от выполняемой функции такой источник света обозначают либо буквами EL (осветительная), либо HL (индикаторная).

В последние годы в связи с введением знаков спектрального состава излучения лампы стали изображать и несколько иначе (рис. 189,*б*). Здесь прямой крестик в центре символа баллона говорит о том, что это — источник видимого излучения. Невидимое излучение, например, инфракрасное, обозначают косым крестиком и латинскими буквами IR (от англ. слова infra-red — инфракрасный). Именно такой источник изображен на рис. 189,*в*. Имеющийся в некоторых лампах накаливания внутренний отражающий слой (рефлектор) показывают дугой, концентричной символу баллона (рис. 189,*г*).

ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Отмечалось, что в функциональных и принципиальных схемах устройств цифровой техники пользуются условными графическими обозначениями, несущими информацию только о функциональном назначении и логике работы отображаемых ими функциональных узлов. Это позволяет освободить схему от избыточной информации и упростить ее начертание и в то же время сделать ее более наглядной и удобочитаемой.

С несколькими условными обозначениями элементов цифровой техники мы уже познакомились раиее (см. рис. 28). Но это были символы простейших логических элементов, на практике же приходится иметь дело со значительно более сложными функциональными узлами, символы которых невозможно расшифровать без знания основ построения системы условных графических обозначений, принятой в цифровой технике.

В самом общем виде условное графическое обозначение элемента цифровой техники (под ними понимают изделия или части изделий, реализующих функцию или систему функций так называемой алгебры логики) может содержать основное и одно или два дополнительных прямоугольных поля, расположенных по обе стороны от основного (рис. 190). В основном поле указывают функциональное назначение элемента, в дополнительных — метки, обозначающие функции или назначение выводов. В местах присоединения линий-выводов изображают специальные знаки (указатели), характеризующие их особые свойства (инверсные, динамические и т. д.). Группы выводов могут быть разделены увеличенным интервалом или помещены в обособленную зону.

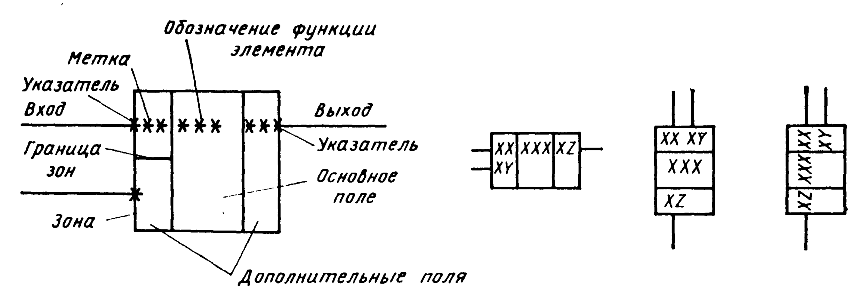


Рис. 190 **Рис. 191**

Из сказанного ясно, что ширина условного обозначения элемента цифровой техники зависит от наличия дополнительных полей и числа знаков помещаемых в них и основном поле надписей (меток выводов, обозначений функции элемента), а высота — от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительных полях.

Выводы элементов цифровой техники делятся на входы, выходы, двунаправленные выводы (служат как для ввода, так и для вывода информации) и выводы, не несущие логической информации (например, для подключения питания, внешних RC-цепей и т. п.). Входы изображают слева, выходы — справа, остальные выводы — с любой стороны. При необходимости допускается поворачивать условное обозначение на угол 90° по часовой стрелке, т. е. располагать входы сверху, а выходы — снизу (рис. 191).

Функциональное назначение элемента указывают в верхней части основного поля. Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков, записываемых без пробелов (число знаков не ограничивается). Обозначения основных функций и их производных приведены в табл. 2. В нее включены также обозначения некоторых элементов, не выполняющих функции алгебры логики, но применяемых в логических цепях и условно отнесенных к устройствам цифровой техники: генераторов, формирователей, электронных ключей, наборов дискретных элементов (резисторов, диодов, транзисторов) и т. п. Следует отметить, что для обозначения одновибраторов (ждущих мультивибраторов) кроме указанного в таблице сочетания G1 можно использовать символ прямоугольного импульса положительной полярности, а для обозначения триггеров Шмитта — символ, напоминающий прямоугольную петлю гистерезиса. Знак «✻» ставят перед обозначением функции в том случае, если все выводы элемента являются нелогическими (наборы элементов).

Справа к обозначению функции допускается добавлять технические характеристики элемента. Например, набор резисторов сопротивлением 100 Ом можно обозначить в основном поле сочетанием ✻R100, оперативную память (ее обозначение RAM — см. табл. 2) емкостью 16 Кбайт — RAM16K, оперативную память динамического типа (ей присвоена буква D) — RAMD, оперативную память с последовательным доступом (SAM) и сохранением информации после отключения питания (эту особенность характеризуют буквой S) — SAMS и т. д.

При указании сложных функций используют комбинированные обозначения, составленные из указанных в табл. 2 более простых. Например, двоичный счетчик (код CT2) с дешифратором (DC) обозначают сочетанием CT2DC, управление (CO) памятью (M) — сочетанием COM, управление записью (WR) — COWR, счетчик (CT) команд (IN) — CTIN и т. д.

Информационные выводы элементов цифровой техники подразделяют на статические и динамические, которые, в свою очередь, могут быть прямыми и инверсными.

Прямым статическим выводом называют такой, на котором двоичная переменная (она может принимать значения 0 и 1) имеет значение логической 1, если сигнал на нем в активном состоянии имеет такой же уровень; на инверсном же статическом выводе двоичная переменная принимает значение 1, если сигнал на выводе в активном состоянии имеет уровень логического 0. Иными словами, в первом случае логику работы того или иного элемента рассматри-

Таблица 2

Функция	Обозначение	Функция	Обозначение
Вычислитель	CP	со сдвигом справа налево или снизу вверх	RG←
Вычислительное устройство (центральный процессор)	CPU	с реверсивным сдвигом	RG↔
Процессор	P	Счетчик двоичный	CT2
Секция процессора	PS	Счетчик десятичный	CT10
Память	M	Дешифратор	DC
Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ):		Шифратор	CD
с произвольным доступом	RAM	Преобразователь	X/Y
с последовательным доступом	SAM	Сравнение	= =
Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ):	ROM	Мультиплексор	MUX
ПЗУ с возможностью программирования:		Демультиплексор	DMX
однократного	PROM	Мультиплексор-селектор	MS
многократного	RPROM	Селектор	SL
Управление	CO	Генератор:	
Перенос	CR	общее обозначение	G
Прерывание	INR	непрерывной последовательности импульсов	GN
Передача	TF	одиночного импульса	G1
Прием	RC	синусоидального сигнала	GSIN
Ввод-вывод:		Триггер:	
последовательный	IOS	общее обозначение	T
параллельный	IOP	двухступенчатый	TT
Арифметика	A	Шмитта (пороговый элемент)	TH
Суммирование	SM или Σ	Формирователь:	
Вычитание	SUB	общее обозначение	F
Умножение	MPL	логического 0	FL0
Деление	DIV	логической 1	FL1
Логика	L	Ключ	SW
Логическое И	& или И	Модулятор	MD
Логическое ИЛИ	$\geqslant 1$ или 1	Демодулятор	DM
Исключающее ИЛИ	=1	Нелогические элементы:	
Повторитель	1	стабилизатор напряжения	*ST
Регистр:		набор резисторов	*R
общее обозначение	RG	набор диодов	*D
со сдвигом слева направо или сверху вниз	RG→	набор транзисторов	*T
		набор индикаторов	*H

вают, просто учитывая уровень сигнала на входе или выходе (0 или 1), а во втором — с учетом того, что входной сигнал воспринимается элементом как сигнал «противоположного» уровня (при уровне 1 — как 0, при уровне 0 — как 1), а уровень сигнала на выходе инвертирован по отношению к тому, который должен был бы быть (по логике работы), если бы выход не был инверсным.

На прямом динамическом выводе двоичная переменная принимает значение логической 1, если уровень поданного на него сигнала изменяется с 0 на 1, а на инверсном, — если этот уровень изменяется с 1 на 0.

Прямые статические выводы изображают линиями, присоединяемыми к основному или дополнительным полям условного обозначения без каких-либо

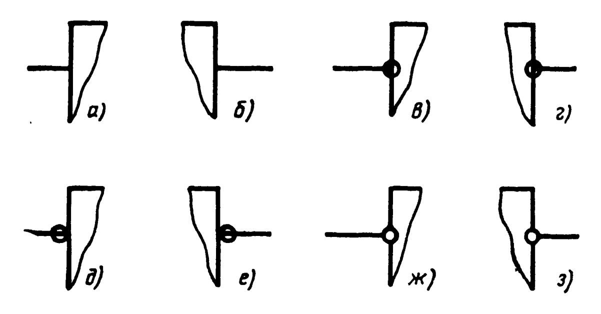


Рис. 192

знаков (рис. 192: *а* — статический вход, *б* — статический выход), инверсные — линией с указателем в виде кружка на конце (*в*, *д*, *ж* — входы, *г*, *е*, *з* — выходы; ГОСТ 2.743—82 рекомендует в качестве предпочтительных обозначения *в*—*е*). Отличительный признак динамического вывода — указатель в виде косой черточки, стрелки или треугольника. Прямые динамические входы обозначают, как показано на рис. 193,*а*—*в* (предпочтительные — *а*, *б*), инверсные — на рис. 193,*г*—*ж* (предпочтительные — *г*, *д*).

Выводы, не несущие логической информации, выделяют крестиком, который наносят либо в месте присоединения их к условному обозначению элемента (рис. 194,*а*, *б*), либо в непосредственной близости от него (рис. 194,*в*, *г*). Предпочтительными являются символы *а* и *б*.

Функциональное назначение выводов обозначают метками в дополнительных полях. Как и обозначения функций элементов, их составляют из латинских букв, арабских цифр и специальных знаков. Число знаков в метке также не ограничивается, поэтому, как уже отмечалось, ширину дополнительного по-

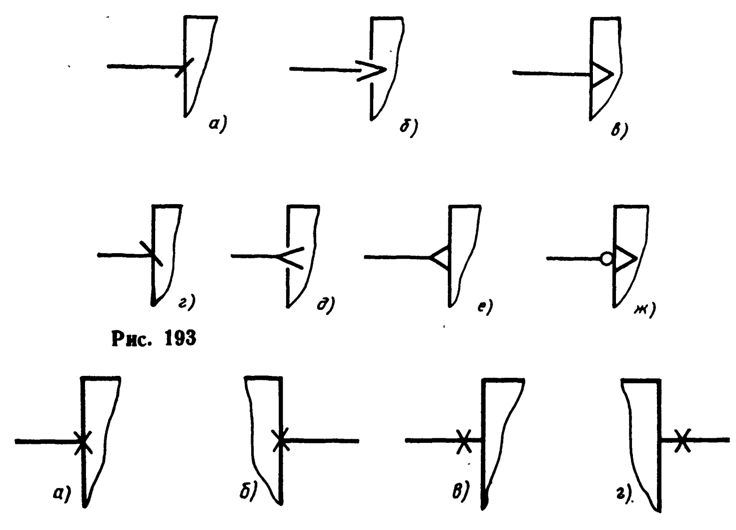


Рис. 193

Рис. 194

Таблица 3

Основная метка	Обозначение	Основная метка	Обозначение
Установка в состояние:		Заем	BR
n	Sn	Запись	WR
1	S	Считывание	RD
0	R	Запрос	RQ
исходное (сброс)	SR	Захват	TR
Разрешение установки универсального JK-триггера в состояние:		Исполнение (конец)	END
1	J	Инструкция (команда)	INS
0	K	Контроль	CH
Вход изменения содержимого элемента на n:		Маркер	MR
увеличения	+n	Начало	BG
уменьшения	—n	Ожидание	WI
Вывод двунаправленный	↔ или < >	Ответ	AN
Адрес	A	Перенос	CR
Адресация по координате:		Распространение переноса	CRP
X	X	Генерация переноса	CRG
Y	Y	Переполнение	OF
Больше	>	Повтор	RP
Больше или равно	⩾	Приоритет	PR
Равенство	=	Продолжение	CN
Меньше	<	Пуск	ST
Меньше или равно	⩽	Разрешение	E
Бит	BIT	Расширение	EX
Условный бит («флажок»)	FL	Регенерация	PEF
Байт	BY	Синхронизация	SYN
Блокировка (запрет)	DE	Строб, такт	C
Буфер	BF	Младший	LSB
Готовность	RA	Средний	ML
Данные	D	Старший	MSB
		Шина	B
		Инверсия	IN

ля выбирают такой, чтобы в нем уместились все знаки самой «длинной» метки элемента. Обозначения основных меток выводов приведены в табл. 3.

Так называемые открытые выходы элементов, т. е. выходы, рассчитанные на повышенную нагрузку (к ним подсоединены коллекторы или эмиттеры, стоки или истоки транзисторов выходных каскадов) помечают одним из специальных знаков: ромбиком (рис. 195,*а*) или светлым кружком с четырьмя лучами (рис. 195,*б*). Если необходимо указать, что данных вывод соединен с коллектором транзистора структуры p-n-p, эмиттером транзистора n-p-n, стоком полевого транзистора с p-каналом или истоком прибора с n-каналом, ромбик снабжают черточкой сверху (рис. 195,*в*), а кружок — уголком, обращенным к нему раскрывом (рис. 195,*г*). Если же названные электроды принадлежат транзисторам противоположной структуры или приборам с каналом противоположного типа, черточку у ромбика помещают снизу, а вершину уголка направляют к кружку (рис. 195,*д*, *е*). Вывод с так называемым состоянием высокого выходного сопротивления (Z-состоянием) обозначают ромбиком с черточкой внутри (рис. 195,*ж*) или латинской буквой Z (рис. 195,*з*).

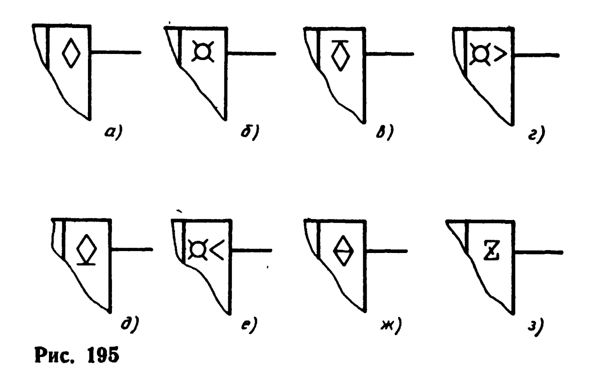


Рис. 195

Сложные функции вывода обозначают метками, составленными из простых. Так, чтобы указать функцию записи (WR) в память (M), используют сочетание WRM, разрешение считывания информации (E) записи (RD) — ERD, строб (C) записи (WP) — CWR, чтение из памяти — RDM, выбор (SE) данных (D) — SED и т. д. В качестве меток стандарт допускает использовать и обозначения функций (и их комбинаций), приведенные в табл. 2.

Многие элементы цифровой техники (например, счетчики, дешифраторы), оперирующие с информацией в двоичном коде, имеют выводы, предназначенные для ее ввода или вывода. Напомним, что в двоичной системе счисления любое число выражается в виде комбинации из нулей и единиц, составляющих, как и в любой другой системе, его разряды. Например, десятичное число 5 в двоичной системе обозначается 101 ($5=1\cdot2^2+0\cdot2^1+1\cdot2^0$), т. е. имеет три разряда, число 13 — 1101 ($13=1\cdot2^3+1\cdot2^2+0\cdot2^1+1\cdot2^0$), т. е. четыре разряда и т. д. Крайний разряд справа считается младшим разрядом, крайний слева — старшим.

Для нумерации разрядов в группах информационных выводов к обозначениям меток добавляют цифры, соответствующие номерам разрядов. Например, информационный вход нулевого разряда обозначают сочетанием D0, первого — D1, второго D2 и т. д. Можно поступить и иначе — вместо номеров разрядов указать их весовые коэффициенты, которые в двоичной системе имеют вид 2^0, 2^1, 2^2, 2^3 и т. д., т. е. 1, 2, 4, 8 и т. д., поэтому нулевой разряд можно обозначить в данном случае D1 или просто 1, первый — D2 или 2, второй — D4 или 4, третий — D8 или 8 и т. д. Для уменьшения числа символов в метке допускается вместо весового коэффициента указывать степень его основания. Чтобы отличить последнюю от цифр, обозначающих номер или весовой коэффициент, перед ней помещают стрелку, направленную вверх. Например, чтобы не увеличивать ширину дополнительного поля для указания информационного входа с весовым коэффициентом 128 (2^7), можно его обозначить D↑7 или ↑7.

Выводы элементов цифровой техники могут быть логически равнозначными, т. е. взаимозаменяемыми без изменения функции элемента, и неравнозначными. Если все выводы элемента логически равнозначны и их функции однозначно определяются его функцией, условное графическое обозначение изображают без дополнительных полей, а выводы — на одинаковом расстоянии один от другого (см. уже упоминавшийся рис. 28).

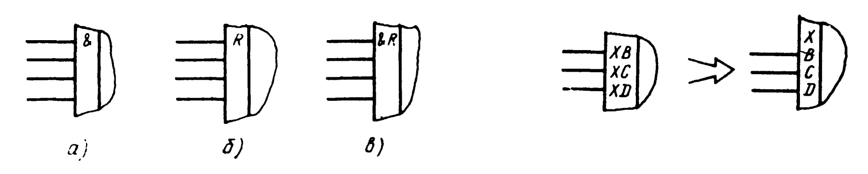


Рис. 196

Рис. 197

Логически равнозначные выводы могут быть графически объединены в группу, которой в этом случае присваивают метку, условно обозначающую либо взаимосвязь выводов внутри группы, либо их функциональное назначение, либо и то, и другое сразу. Помещают такую метку на уровне первого (сверху) вывода. Например, знак & у верхнего вывода фрагмента условного обозначения, изображенного на рис. 196,*а*, означает, что четыре вывода элемента объединены логической функцией И, буква R (рис. 196,*б*) говорит о том, что каждый из выводов служит для установки элемента в нулевое состояние, а метка &R (рис. 196,*в*) — о том, что выводы объединены по И и предназначены для установки в это же состояние. Если несколько соседних меток содержат часть, отражающую одну и ту же функцию (например, функцию X в метках выводов на рис. 197), то эту часть можно вынести в так называемую групповую метку. Располагают ее над группой меток, к которым она относится.

Группы меток и выводов разделяют либо увеличенным (кратным обычному расстоянию между выводами) интервалом, либо заключением в зону.

Из нескольких групповых меток, содержащих общую часть (см., например, рис. 198), может быть выделена метка более высокого порядка. Ее помещают над группами, к которым она относится, и отделяют интервалом. Группы выводов, относящиеся к такой метке, обязательно помещают в зону.

Двунаправленные выводы (они выполняют функции как приемников информации, так и ее источников) обозначают меткой в виде двунаправленной стрелки или знака «<>» (рис. 199). При этом метки входных функций указывают над этим знаком, а выходных — под ним.

В случае, если вывод элемента имеет несколько функциональных назначений или взаимосвязей (или и то, и другое одновременно), их обозначают соответствующими метками, помещаемыми одна под другой (рис. 200,*а*). При необходимости напротив каждой такой метки (на внешней стороне

Рис. 198

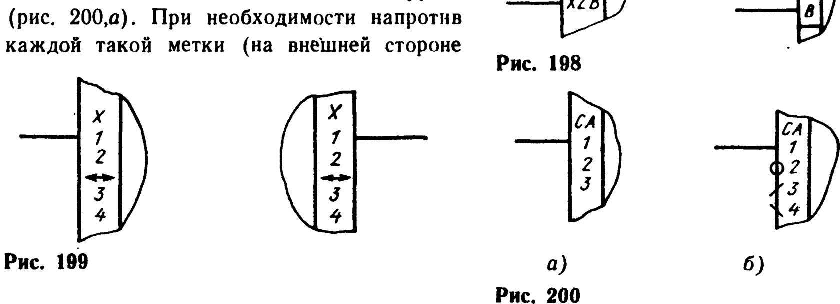


Рис. 199

Рис. 200

дополнительного поля) наносят указатели, определяющие условие выполнения функций, обозначенных метками. Для примера на рис. 200,*б* показан фрагмент условного обозначения элемента с выводом, на котором сигнал с уровнем 1 выполняет функцию CA1, с уровнем 0 — функцию CA2, а при переходе с уровня 0 на уровень 1 и наоборот — соответственно функции CA3 и CA4.

К числу выводов, не несущих логическую информацию, относят выводы питания, выводы электродов транзисторов (например, в наборах транзисторов), выводы для подключения внешних частотозадающих элементов (резисторов, конденсаторов, кварцевых резонаторов) и т. п.

Вывод для подключения источника питания в общем случае обозначают буквой U. Если питающих напряжений несколько, их условно нумеруют (например, U1, U2, U3 и т. д.) и указывают каждое у своего вывода. Вместо буквы U можно указать номинальное значение напряжения и его полярность (см. рис. 204). Общий вывод помечают нулевым напряжением (0V).

Выводы коллектора, эмиттера и базы обозначают соответственно латинскими буквами K, E и B, причем, если это эмиттер структуры p-n-p, справа от буквы E помещают знак «<» или стрелку, направленную влево, а если структуры n-p-n, — знак «>» или стрелку противоположного направления.

Выводы для подключения резистора помечают буквой R, конденсатора — C, катушки — L, кварцевого резонатора — буквами BQ.

Примеры построения условных графических обозначений некоторых элементов цифровой техники приведены на рис. 201—206.

На рис. 201,*а* показан символ элемента 4И-НЕ. У него четыре прямых статических входа, связанных логикой И (знак &) и инверсный статический выход (об отрицании говорит кружок на линии выхода). Если на всех четырех входах элемента присутствуют сигналы с уровнем логической 1, выходной сигнал имеет уровень 0, во всех остальных случаях его уровень соответствует логической 1. Знак в виде ромбика с черточкой внизу свидетельствует о том, что у элемента открытый выход (например, коллекторный, если его активные элементы представляют собой транзисторы структуры n-p-n, или эмиттерный, если транзисторы структуры p-n-p и т. д.).

Без особого труда в символе, изображенном на рис. 201,*б*, можно распознать элемент 3ИЛИ-НЕ (о логической функции ИЛИ говорит цифра 1 в верхней части прямоугольника). У элемента три прямых статических входа и открытый инверсный выход, но (при той же структуре транзисторов) эмиттер-

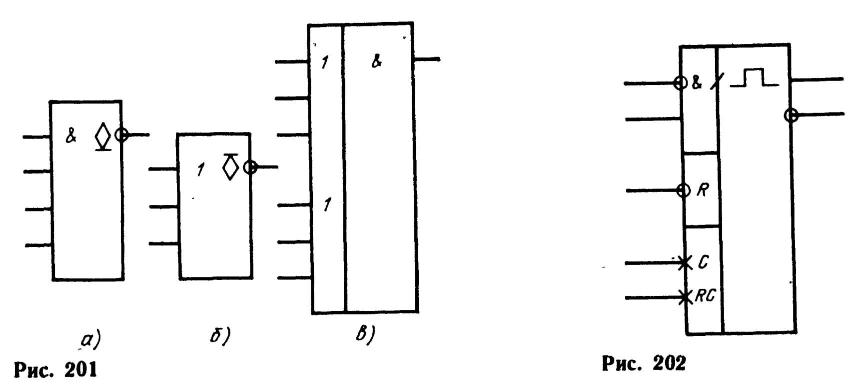


Рис. 201

Рис. 202

ный или коллекторный. При наличии на всех трех входах сигналов логического 0 выходной сигнал этого элемента имеет уровень 1, во всех остальных случаях (уровень 1 хотя бы на одном входе) — уровень 0.

Более сложной зависимостью связаны выходной и входные сигналы в элементе 3ИЛИ-И (рис. 201,*в*). У него две группы входов, объединенных по ИЛИ, о чем говорят цифры 1 напротив верхних выводов групп, а об объединении групп по И свидетельствует знак & в основном поле. Выход элемента — прямой статический. Сигнал логической 1 появляется на выходе в том случае, если хотя бы на один вход в каждой группе поданы сигналы такого же уровня. Если же сигналы с таким уровнем поданы на любое число входов только одной группы, а также в случае, если на всех входах присутствует уровень логического 0, выходной сигнал имеет уровень 0.

На рис. 202 приведено условное обозначение одновибратора (знак в виде прямоугольного импульса в основном поле) — генератора, вырабатывающего одиночный импульс определенной длительности. У него два (прямой и инверсный) объединенных по И (знак &) динамических (косая черточка на границе раздела основного и дополнительного полей) входа запуска, вход R для подачи сигнала, прекращающего формирование импульса, и два выхода (прямой и инверсный). Времязадающие элементы (резистор и конденсатор) подключают к помеченным крестиком (указатель вывода, не несущего логическую информацию) выводам с метками R и RC. Формирование импульса начинается в момент, когда уровень управляющего сигнала на прямом динамическом входе изменяется с 0 до 1, а на инверсном — с 1 до 0.

Условные графические обозначения, приведенные на рис. 203, принадлежат триггерам — устройствам с двумя устойчивыми состояниями (единичным и нулевым). Названия состояниям дают по уровням сигналов на прямом выходе (у триггеров, как правило, два выхода — прямой и инверсный).

На рис. 203,*а* показано обозначение асинхронного RS-триггера (о том, что это именно триггер, свидетельствует буква Т в основном поле) с инверсными статическими входами R и S. При подаче сигнала логического 0 на вход R на прямом выходе триггера возникает напряжение с уровнем логического 0, а на инверсном — с уровнем 1. Если сигнал такого же уровня подан на вход S, на прямом выходе появляется сигнал логической 1, а на инверсном — логического 0.

Символ, изображенный на рис. 203,*б*, принадлежит двухступенчатому (буквы ТТ) JK-триггеру. Он имеет инверсные статические входы установки в состояние 0 (R) и 1 (S), три объединенных по И входа J (на них подают сигналы разрешения установки в состояние 1), такое же число объединенных по И входов K (разрешение установки в состояние 0) и динамический вход C. При высоком уровне напряжения на всех входах J и K триггер работает как счетный: спад каждого импульса, поступающего на тактовый вход C, изменяет состояние триггера на противоположное, при низком уровне счет прекращается. Если же уровень напряжения на всех входах J высокий, а на входах K — низкий, то в момент спада импульса на входе C сигнал на прямом выходе принимает значение 1, на инверсном — 0, а если напряжения на входах J и K изменяются на обратные (на входе J — 0, на входе K — 1), изменяются на обратные и сигналы на выходах триггера. При низком уровне на входе C изменения напряжений на входах J и K не влияют на состояние триггера, при высоком проявляются следующим образом: спад напряжения на

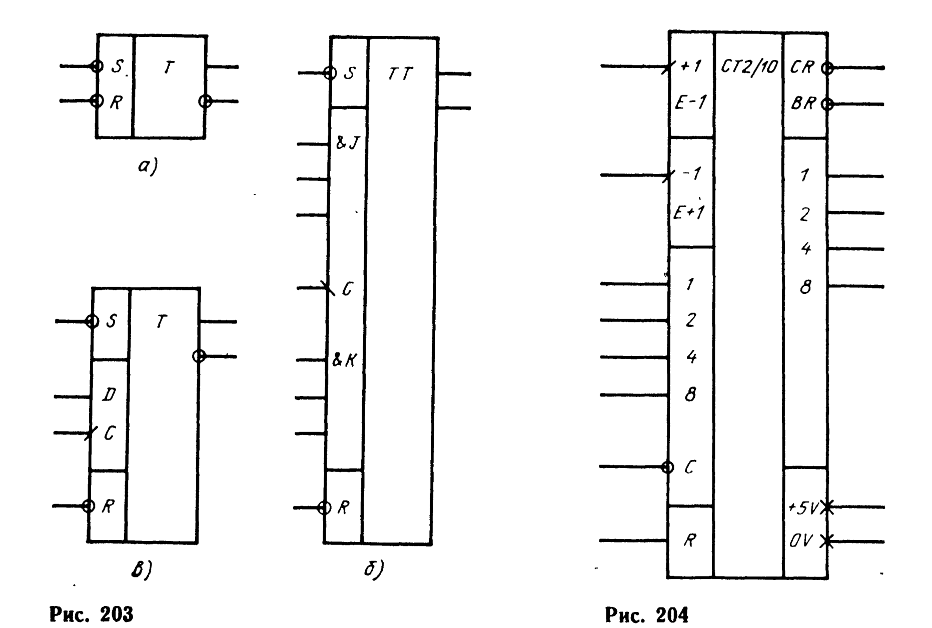


Рис. 203 **Рис. 204**

входах J приводит к появлению на прямом выходе сигнала высокого уровня, спад напряжения на входах K — низкого.

D-триггер, условное обозначение которого показано на рис. 203,*в*, имеет аналогичные рассмотренным ранее входы R и S, прямой динамический вход C, реагирующий на изменение уровня с 0 на 1, и вход D. При наличии на входе D низкого уровня в момент прихода импульса на вход C напряжение на прямом выходе скачком понижается, а при высоком уровне на нем — повышается. Иными словами, состояние триггера по окончании фронта импульса на входе C определяется уровнем сигнала на входе D в предшествующий момент. Для перевода такого триггера в счетный режим достаточно вход D соединить с инверсным выходом.

На рис. 204 изображено условное графическое обозначение двоично-десятичного реверсивного счетчика. Его прямые динамические входы +1 и —1 предназначены для подачи тактовых импульсов соответственно при прямом и обратном счете, прямой статический вход R служит для установки счетчика в состояние 0, инверсный вход C — для предварительной записи информации, поступающей на входы с метками 1, 2, 4 и 8 в двоичном коде 1-2-4-8. В таком же коде формируется и выходной сигнал, снимаемый с выводов с соответствующими метками. Сигнал на выводе CR (перенос) появляется при прямом счете одновременно с переходом счетчика в состояние 0 (после состояния 9), на выводе BR — при обратном (после 1). Напряжение питания подают на выводы 0V (общий) и +5V.

Для дешифрации состояний счетчиков с целью отображения их на знаковых индикаторах применяют дешифраторы. Условное обозначение одного из таких устройств показано на рис. 205. Информацию в двоичном коде 1-2-4-8 подают на входы дешифратора с соответствующими метками, сигналы уп-

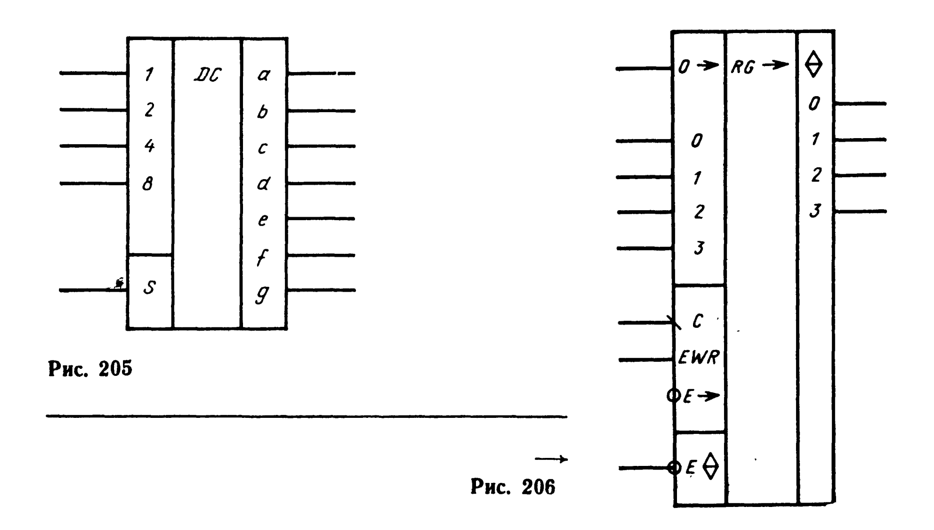


Рис. 205

Рис. 206

равления семисегментным индикатором снимают с выходов, обозначенных строчными латинскими буквами a—g (последние соответствуют общепринятым обозначениям сегментов — см. рис. 127). Вход S служит для гашения индицируемого знака (с этой целью на него подают сигнал с уровнем логической 1).

Наконец, на рис. 206 приведено условное обозначение четырехразрядного регистра сдвига, позволяющего записывать последовательную и параллельную информацию, сдвигать и считывать ее в том же виде. Для записи последовательной информации служит вход 0→, параллельной — входы с метками 0, 1, 2, 3 (номера разрядов в виде степеней основания соответствующих весовых коэффициентов). У регистра инверсный динамический вход C, реагирующий на изменение сигнала с уровня 1 на уровень 0, и вывод, на котором управляющий сигнал с уровнем 1 выполняет функцию разрешения записи (EWR), а с уровнем 0 — разрешения сдвига вправо (E→). Метка в виде ромбика с диагональю свидетельствует о том, что регистр имеет выходы 0, 1, 2, 3 с состоянием высокого сопротивления, в которое они переходят, если на вход разрешения подан сигнал с уровнем логического 0.

ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛОГОВОЙ ТЕХНИКИ

К элементам аналоговой техники относятся всевозможные усилители (в том числе суммирующие, интегрирующие, дифференцирующие и т. д.), функциональные преобразователи (перемножители, делители, моделирующие устройства), аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, электронные ключи и коммутаторы и т. п. Условные графические обозначения этой группы изделий построены аналогично символам элементов цифровой техники. Кроме основного поля, они также могут содержать одно или два дополнительных, размеры обозначений также определяются числом выводов, строк информации в основном и дополнительном полях, числом знаков в одной строке и т. д.

Входы аналоговых элементов располагают слева, выходы — справа. При необходимости условное графическое обозначение допускается изображать повернутым на угол 90° по часовой стрелке, т. е. располагать входы сверху, а выходы — снизу. Выводы элементов аналоговой техники делят на прямые и инверсные. Первые изображают линиями, присоединяемыми к контуру обозначения без каких-либо знаков, вторые — линиями с кружком в месте присоединения.

Как и в цифровой технике, в основном поле символа элемента аналоговой техники указывают его функциональное назначение. Обозначения наиболее часто встречающихся функций приведены в табл. 4. Сложные функции образуют из простых, располагая их в последовательности обработки сигнала. Допускается использовать обозначения, установленные для элементов цифровой техники (см. табл. 2).

Назначение выводов указывают метками, помещаемыми напротив них в дополнительных полях. Как и обозначения функций элементов, они могут состоять из букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков. Обозначения основных меток приведены в табл. 5. Некоторые из них можно использовать также в качестве дополнительных характеристик элементов (в этом

Таблица 4

Функция	Обозначение	Функция	Обозначение
Генерирование	G	Сравнение (компаратор)	= =
Детектирование	DK	Суммирование	SM или Σ
Деление	X:Y или x:y	Тригонометрические функции (например, тангенс)	TG или tg
Деление частоты	:FR или :fr	Умножение	XY или xy
Дифференцирование	D/DT или d/dt	Экспонента	EXP или exp
Извлечение корня	X↑0,5 или $\sqrt{x}$	Фильтрация	FF
Интегрирование	INT или ∫	Формирование	F
Переключение (общее обозначение):	SW	Усиление	▷
замыкание	SWM	Преобразование цифро-аналоговое	#/Λ
размыкание	SWB	Преобразование аналого-цифровое	Λ/#
переключение	SWT		
Показательная функция	X↑Y или x^y		
Преобразование	X/Y или x/y		

Таблица 5

Метка	Обозначение
Начальное значение интегрирования	I
Установка начального значения	S
Установка в состояние 0	R
Поддержание текущего значения сигнала	H
Балансировка (коррекция «0»)	NC
Коррекция частотная	FC
Аналоговый сигнал	Λ
Цифровой сигнал	#

случае их указывают после обозначения функции) и сигналов (например, знаки аналогового и цифрового сигналов помещают над выводами элементов, чтобы различить соответствующие сигналы).

Общее обозначение усилителя показано на рис. 207,*а*. Слева от символа усиления (вместо буквы f) в основном поле указывают функцию, выполняемую усилителем (например, интегрирование, дифференцирование и т. п.), справа (на месте буквы m) — коэффициент передачи. На месте меток W_1—W_n записывают весовые коэффициенты входных сигналов (т. е. коэффициенты передачи каждого сигнала в отдельности), на месте меток m_1—$m_к$ — частные коэффициенты усиления сигналов, снимаемых с соответствующих выходов. Если коэффициент усиления для всего усилителя один, на месте буквы m в обозначении функции можно указать его абсолютную величину, а если он равен 1, допускается не указывать вовсе. В том же случае, если коэффициент усиления достаточно высок и знание его абсолютной величины не имеет значения, на месте буквы m можно поместить знак ∞ или прописную букву M.

С учетом сказанного в обозначении, показанном на рис. 207,*б*, нетрудно узнать символ инвертирующего усилителя с коэффициентом усиления, равным 5, а на рис. 207,*в* — символ так называемого операционного усилителя (характеризуется очень большим коэффициентом усиления — до нескольких сотен тысяч). У этого устройства один выход и два входа: прямой (его еще называют неинвертирующим, так как при подаче сигнала на этот вход выходной сигнал имеет ту же фазу, что и входной) и инверсный (инвертирующий; полярность выходного сигнала обратна полярности сигнала, поданного на этот вход). Вы-

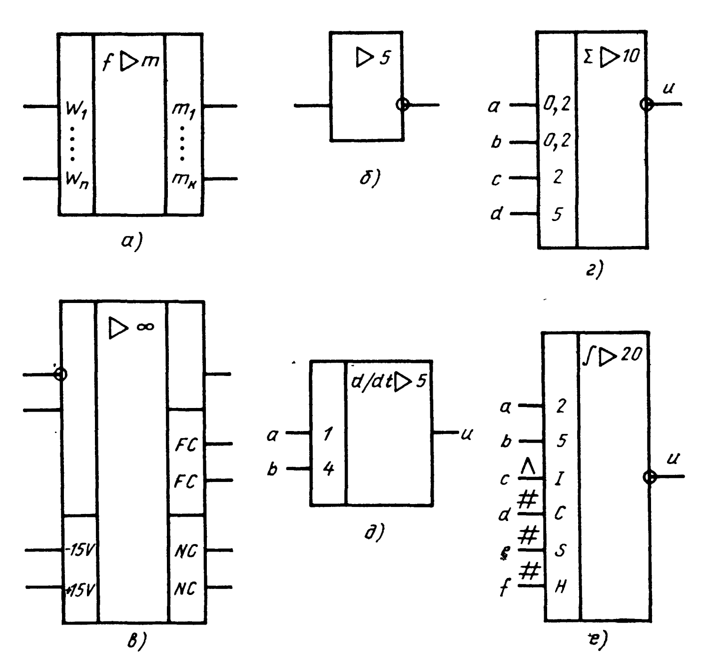


Рис. 207

воды с метками —15V и +15V предназначены для подключения двуполярного источника питания, выводы FC — для подсоединения элементов частотной коррекции, выводы NC — элементов балансировки усилителя (для установки нулевого напряжения на выходе в отсутствие входных сигналов).

Условное обозначение суммирующего усилителя показано на рис. 207,*г* (о назначении устройства говорит греческая буква Σ). Коэффициент усиления усилителя равен 10, весовые коэффициенты сигналов a и b равны 0,2, сигналов c и d — соответственно 2 и 5. Напряжение на выходе $u=-10(0{,}2a+0{,}2b+2c+5d)=-(2a+2b+20c+50d)$.

На рис. 207,*д* приведено условное графическое обозначение дифференцирующего усилителя с коэффициентом усиления 5 и двумя входами с весовыми коэффициентами 1 и 4. Его выходное напряжение $u=5\frac{d}{dt}(a+4b)$, где a и b — входные сигналы.

Элементы аналоговой техники могут управляться цифровыми сигналами. Чтобы отличить выводы, предназначенные для этой цели, над ними, как уже говорилось, помещают знак цифровой информации в виде двойного креста. Иллюстрацией сказанному может служить условное обозначение интегрирующего усилителя, показанное на рис. 207,*е*. У него два аналоговых входа (a и b) с весовыми коэффициентами 2 и 5, вход для подачи сигнала начального значения интегрирования (I), три входа цифрового управления (S — для установки начального значения, C — для подачи стробирующего импульса, H — для поддержания текущего значения сигнала) и инверсный выход. При уровне сигнала d, соответствующем логической 1, а сигналов e и f — логическому 0, выходное напряжение $u=-20[c_{t=0}+\int_0^t(2a+5b)dt]$.

Просты и наглядны обозначения функциональных преобразователей — устройств, осуществляющих перемножение, деление и тому подобные действия над аналоговыми сигналами. Для примера на рис. 208,*а* изображен символ перемножителя (его выходное напряжение $u=10ab$), на рис. 208,*б* — делителя ($u=a/b$), на рис. 208,*в* — устройства, моделирующего функцию тангенса ($u=\operatorname{tg} a$). Следует помнить, что в обозначении функции деления использовать косую черту вместо двоеточия не разрешается.

Общее обозначение преобразователя сигналов из одного вида в другой показано на рис. 209,*а*. Вместо букв X и Y в основное поле могут быть вписаны обозначения обрабатываемой информации, например напряжение (U), частота (f), длительность импульса (τ) и т. д., а также ее вид (аналоговая, цифровая). Примеры условных обозначений этой группы изделий приведены на рис. 209,*б* (преобразователь напряжения в частоту), 209,*в* и *г* (соответственно аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи).

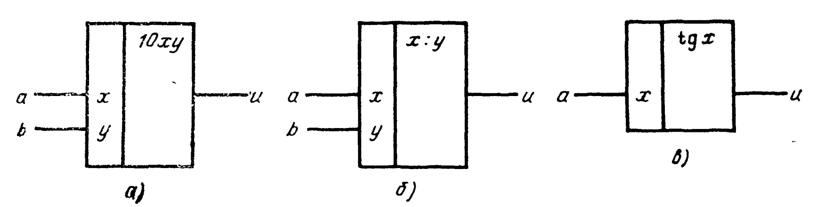


Рис. 208

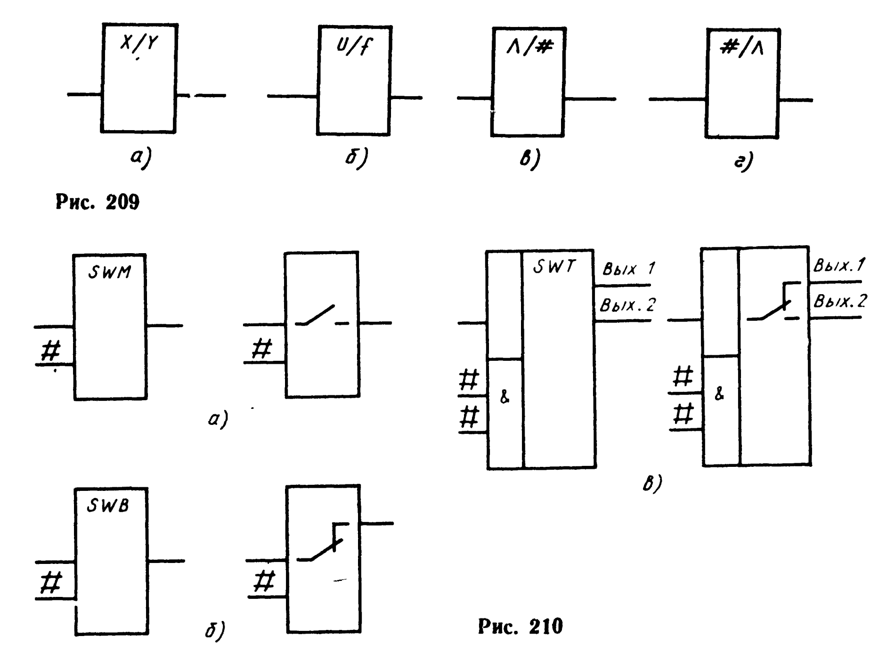


Рис. 209

Рис. 210

В основном поле символов электронных ключей и коммутаторов вместо буквенных кодов из табл. 4 можно поместить символы соответствующих контактных групп (замыкающих, размыкающих и переключающих), что придает обозначениям бо́льшую наглядность. Поскольку подобные устройства обычно управляются цифровыми сигналами, неотъемлемой частью их условных обозначений являются выводы для подведения этих сигналов. Так, через электронные ключи, изображенные на рис. 210,*а*, аналоговый сигнал проходит в любом направлении при подаче на цифровой вход (обозначен двойным крестом) напряжения логической 1 и не проходит, если это напряжение имеет уровень 0; в ключах, показанных на рис. 210,*б* — наоборот, проходит при уровне 0 и не проходит при уровне 1.

Электронный коммутатор, обозначение которого приведено на рис. 210,*в*, управляется цифровыми сигналами через логический элемент И (об этом говорит знак & в зоне дополнительного поля, к которой присоединены выводы со знаком цифрового сигнала). Здесь при поступлении на оба управляющих входа напряжений с уровнями 1 аналоговый сигнал проходит на выход 2, а при всех других значениях цифровых сигналов — на выход 1.

ПРОВОДА, КАБЕЛИ, ВОЛНОВОДЫ

Обязательным элементом условных графических обозначений всех рассмотренных электро- и радиоэлементов, как это видно из предыдущих параграфов, являются линии, символизирующие выводы реальных изделий. В радиоэлектронном приборе выводы элементов соединяют в определенном порядке проводниками, на схемах это показывают линиями электрической связи (далее

для краткости — ЛЭС). Длинные соединительные провода нередко изображают на схемах короткими ЛЭС или вовсе не показывают их, соединяя выводы символов элементов непосредственно один с другим. Бывает и иначе: в приборе элементы соединены своими выводами, а на схеме это показано длинной ЛЭС.

Для удобства чтения схем ЛЭС чертят, как правило, только в горизонтальном и вертикальном направлениях. Исключение составляют лишь схемы некоторых функциональных узлов, начертание которых давно стало традиционным (измерительные и выпрямительные мосты, мультивибраторы и т. п.). Изменение направления ЛЭС допускается только под углом 90 или 135°.

Символы элементов располагают на принципиальных схемах таким образом, чтобы ЛЭС были возможно короче, имели возможно меньшее число изломов и пересечений. Если же избежать пересечения не удается, его делают только под углом 90° (см. рис. 211,*а*, *б*), изменяя при необходимости направление одной из ЛЭС (рис. 211,*в*, *г*).

В местах пересечений, символизирующих электрическое соединение в виде пайки, сварки, скрутки и т. п., изображают жирные точки (рис. 212,*а*). Аналогично поступают и в тех случаях, когда необходимо показать ответвления от той или иной ЛЭС (рис. 212,*б*—*г*). Ответвляющиеся ЛЭС допускается проводить под углами, кратными 45°. Использовать в качестве точек присоединения ответвлений элементы условных графических обозначений, имеющие вид точки (например, точки, символизирующие подвижные контакты телефонных гнезд-коммутаторов, точки на подвижных контактах переключателей с нейтральным средним положением и т. д.), или их пересечения (выводы эмиттера и коллектора в местах пересечення с окружностью-корпусом и т. д.) не допускается.

При изображении ЛЭС с ответвлениями в несколько параллельных идентичных цепей (рис. 213) можно использовать следующий прием: показать на схеме лишь одну цепь, а наличие остальных указать Г-образными ответвлениями с числом, отражающим общее число параллельных цепей, включая изображениую.

В любом радиоприборе между отдельными элементами и соединяющими их проводами, помимо полезных, существуют еще и паразитные связи, кото-

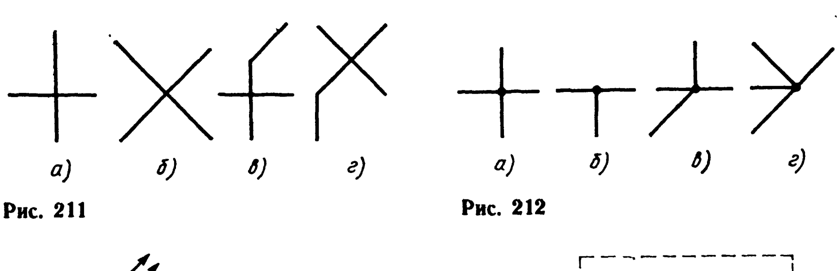
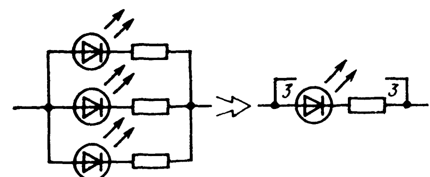
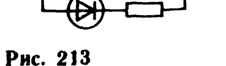
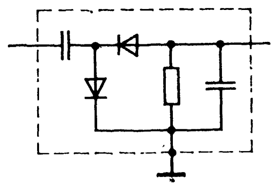


Рис. 211

Рис. 212




Рис. 213


Рис. 214

рые иногда могут нарушить нормальную работу прибора, если их не устранить. С этой целью отдельные элементы и провода экранируют. Экран обозначают на схемах штриховой линией (рис. 214). Чаще всего в радиоприборах используют электростатические экраны, позволяющие устранить емкостную связь между экранируемыми и остальными элементами. Такие экраны изготовляют из листовых металлов, обладающих высокой электропроводностью (медь, латунь, алюминиевые сплавы). Детали, чувствительные к магнитным полям или являющиеся их источником, заключают в магнитные экраны, изготавливаемые из ферромагнитных материалов с высокой начальной магнитной проницаемостью (мягкая сталь, пермаллой и т. д.)

Если в экран заключена группа элементов прибора, его изображают в виде прямоугольника, охватывающего символы соответствующих элементов. Экраны соединяют в приборе с металлическим шасси или с общим проводом. На схемах это показывают соединением штриховой линии экрана с символом общего провода — утолщенной черточкой с выводом от середины. Часто в экран заключают отдельные провода и группы их. Такой экран представляет собой трубку, сплетенную из тонких медных луженых проволок.

Необходимость экранирования того или иного соединения показывают штриховыми линиями по обе стороны от ЛЭС (рис. 215,*а*, *б*) или небольшим кружком (рис. 215,*в*). Ответвление от линии, символизирующей экранирующую оплетку, допускается изображать как с точкой в месте присоединения, так и без нее. Соединение с общим проводом, как и в рассмотренном ранее случае, показывают утолщенной черточкой на конце линии-ответвления (рис. 215,*в*).

Если необходимо показать, что в общий экран помещены несколько проводов, соответствующие ЛЭС объединяют знаком, изображенным на рис. 215,*г*. При невозможности разместить такие ЛЭС рядом поступают, как показано на рис. 215,*д*: от символа экрана — штрихового кружка — проводят линию со стрелками, указывающими на те из них, которые находятся в общем экране.

В некоторых случаях провода при монтаже скручивают (например, для уменьшения наводок на вход чувствительного к ним усилительного устройства). Желая показать скрутку на схеме, соответствующие ЛЭС охватывают специальным знаком в виде наклонной линии с засечками на концах (рис. 216,*а*). Если в группе ЛЭС кроме скрученных есть и нескрученные, поступают так же, как с экранированными проводами, вынося символ скрутки вверх (рис. 216,*б*).

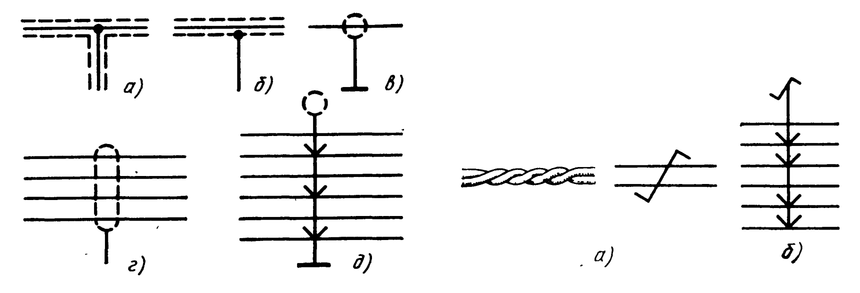


Рис. 215 **Рис. 216**

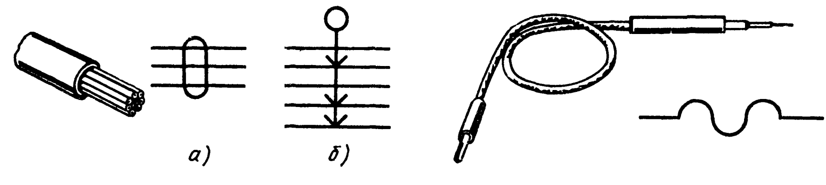


Рис. 217 **Рис. 218**

Приемы, аналогичные рассмотренным, используют и в случаях, если группа ЛЭС символизирует соединение многопроводным кабелем. Знак кабеля в виде овала применяют для объединения рядом идущих ЛЭС (рис. 217,*а*), кружок со стрелками — для объединения ЛЭС, перемежающихся другими (рис. 217,*б*).

Линии электрической связи, символизирующие гибкое соединение (например, гибкий провод, соединяющий измерительный прибор со щупом), изображают волнистой линией (рис. 218).

Число ЛЭС часто бывает большим. Если к тому же они идут параллельно одна другой, то проследить ту или иную связь между элементами становится трудно. В подобных случаях при составлении схем применяют простой прием: если число параллельных ЛЭС больше четырех, их разбивают на группы по три ЛЭС в каждой, считая сверху. Между соседними ЛЭС разных групп оставляют более широкий зазор (рис. 219).

Однако и этого иногда оказывается недостаточно, к тому же большое число параллельных ЛЭС сильно загромождает схему, увеличивает ее размеры. В подобном случае можно поступить иначе: слить параллельные ЛЭС в одну утолщенную — линию групповой связи, а входу и выходу каждой ЛЭС из такого «жгута» присвоить свой порядковый номер (рис. 220,*а*). Чтобы не спутать сливаемые ЛЭС с линией, просто пересекающей линию групповой связи (например, с ЛЭС 9—9), расстояние между соседними ЛЭС, отходящими в разные стороны, делают не менее 2 мм.

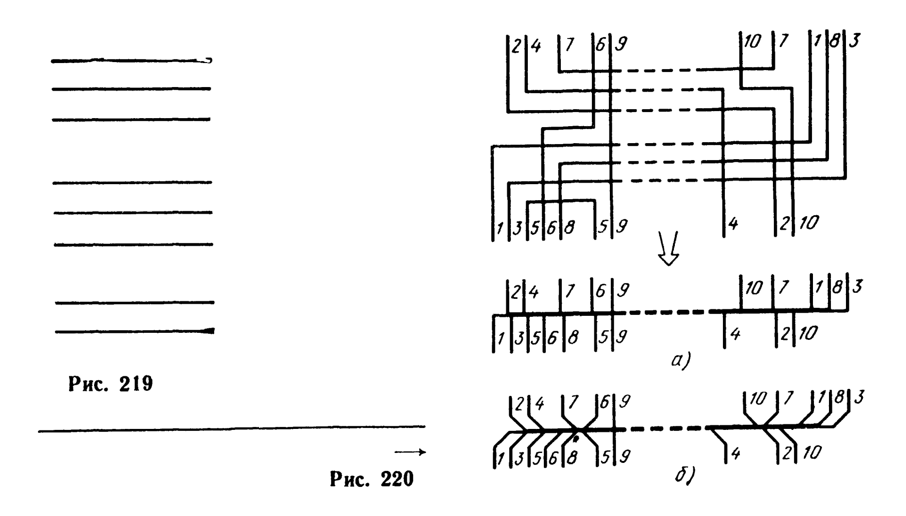


Рис. 219

Рис. 220

Для облегчения поиска отдельных ЛЭС допускается показывать их направление с помощью излома под углом 45° (рис. 220,*б*). При этом точка излома должна быть удалена от линии групповой связи не менее чем на 3 мм, а наклонные участки соседних ЛЭС, изображенных по одну сторону от нее, не должны иметь пересечений и общих точек.

Для передачи электромагнитной энергии сверхвысоких частот (вплоть до 3000 МГц) применяют коаксиальные кабели. Такой кабель представляет собой систему из двух проводников, из которых один, выполненный в виде трубки, полностью охватывает второй. Внутренний проводник располагается точно по оси внешнего, чем и объясняется название «коаксиальный». Внешний проводник представляет собой гибкую оплетку из медной проволоки. Пространство между проводниками заполнено пластичным высокочастотным диэлектриком в виде чашечек, ленточной спирали или сплошной массы. Благодаря экранирующему действию внешнего проводника электромагнитное поле в коаксиальном кабеле сосредоточено в пространстве между проводниками. Иными словами, коаксиальный кабель практически не излучает радиоволн.

С условным графическим обозначением коаксиального кабеля мы уже знакомы (см. рис. 96, 161). Поскольку знак коаксиального кабеля, по существу, символизирует внешний проводник, от него, как и от символа экранирования, при необходимости (например, для соединения с общим проводом) делают ответвление (рис. 221,*а*). В обозначении ЛЭС, выполненной коаксиальным кабелем лишь частично, знак видоизменяют: касательную к кружку направляют только в одну сторону. В примере, показанном на рис. 221,*б*, это означает, что правее знака коаксиальная структура отсутствует.

На частотах выше 3000 МГц потери в коаксиальных кабелях сильно возрастают, поэтому взамен их используют волноводы — полые металлические трубы круглого, прямоугольного и других сечений, по которым при определенных условиях могут распространяться электромагнитные волны.

На схемах волновод обозначают как и однопроводную ЛЭС, но со знаком, характеризующим вид его поперечного сечения (прямоугольник, круг и т. п. — см. рис. 222,*а*). При большой длине ЛЭС, обозначающей волновод, символ поперечного сечения наносят с такими интервалами, чтобы ее нельзя было спутать с другими ЛЭС на схеме.

Изгиб волновода изображают на схемах следующим образом. Изогнутый участок показывают прямой ЛЭС и выделяют засечками (рис. 222,*б*). Над ним помещают символическое обозначение вида изгиба (уголковый — в виде уголка, радиусный — в виде соответствующей дуги окружности), указывают величину угла (30°, 60° и т. д.) и плоскость изгиба (E или H). Для обозначения гибких волноводов используют тот же знак, что и для гибких проводов.

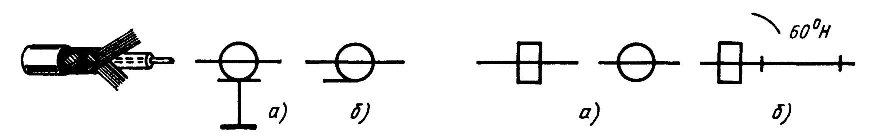


Рис. 221

Рис. 222

СОСТАВЛЕНИЕ И ЧТЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Мы познакомились с условными графическими обозначениями большого числа элементов радиоэлектронных устройств. Как уже говорилось, эти обозначения составляют своеобразную азбуку электрических схем, без знания которых схемы нельзя читать вообще. Но мало знать азбуку, надо еще уметь складывать из букв слова, из слов — фразы и т. д., т. е. видеть в различных сочетаниях и соединениях условных обозначений определенные устройства, представлять происходящие в них процессы. Умение читать схемы приходит не сразу. Нужна длительная тренировка в разборе поначалу простых, а затем все более и более сложных схем. И даже встретившись со схемой, по которой и не предполагается что-либо собирать, стоит изучить ее по описанию, накапливая тем самым опыт, необходимый всякому, кто всерьез решил заняться радиоэлектроникой.

Задумывались ли Вы когда-нибудь о том, как мы читаем обычный текст, хотя бы на этой странице книги? Оказывается, что слоги и целые слова мы скорее узнаем, угадываем, чем читаем. Наш взгляд при этом движется вдоль строк скачками, от слова к слову. Пропуски отдельных букв или опечатки в некоторых словах мы часто даже не замечаем. Объясняется это просто. С подавляющим большинством слов мы столько раз встречались, что их начертание стало для нас привычным, и одного беглого взгляда достаточно, чтобы их опознать, отличить от других. Но попробуйте написать, а некоторое время спустя прочитать несколько слов, расположив буквы в них сверху вниз или справа налево. К этому мы не привыкли, и на чтение уйдет гораздо больше времени. Примерно то же самое наблюдается и при чтении электрических схем.

Многие участки схем, включая целые функциональные группы элементов, уже давно изображают в единой установившейся манере, располагая входящие в них условные графические обозначения и линии электрической связи определенным образом. Радиоспециалист или опытный радиолюбитель читает такие схемы буквально с одного взгляда именно потому, что в подобном виде они встречались ему много раз.

Вот, например, такой распространенный функциональный узел, как делитель напряжения, состоящий из последовательно соединенных резисторов, подключенных свободными выводами к источнику напряжения (рис. 223). Ток, протекающий через делитель, создает на каждом из резисторов падение напряжения, пропорциональное его сопротивлению. С одного из резисторов снимают

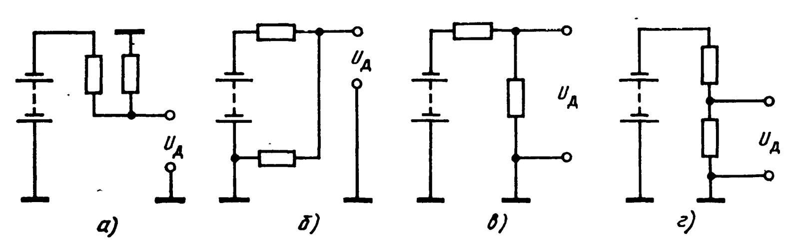


Рис. 223

напряжение, необходимое для работы того или иного устройства. Установилась традиция изображать делитель на схемах, располагая символы его резисторов по вертикали или под углом один к другому, как показано на рис. 223,*в*, *г*. Стоит ли говорить, насколько труднее узнать тот же делитель, если он изображен иначе, например, как на рис. 223,*а*, *б*.

В радиоэлектронных устройствах часто используют так называемые составные транзисторы, состоящие из двух (а иногда и более) транзисторов, соединенных между собой определенным образом. Получается как бы один транзистор, обладающий более высоким, чем любой из составляющих его транзисторов, входным сопротивлением и большим коэффициентом передачи тока. Традиционное изображение составного транзистора (рис. 224,*в*) построено так, что в нем четко видны выводы всех его электродов — эмиттера, базы и коллектора, чего нельзя сказать про изображения, показанные на рис. 224,*а*, *б*.

Отдельные функциональные узлы и группы элементов (например, двухтактные и дифференциальные усилители, мультивибраторы, RS-триггеры на основе логических элементов и т. д.) обладают электрической симметрией. С учетом этого их изображают и на схемах, располагая символы входящих в них элементов симметрично относительно горизонтальной или вертикальной оси. В таком виде схемы этих устройств наиболее наглядны, легко запоминаются и, что не менее важно, занимают мало места. При изучении работы подобных устройств достаточно понять процессы, протекающие в одной их части, чтобы представить принцип действия устройства в целом. Для примера на рис. 225,*а*, *б* показаны в традиционном начертании схемы дифференциального усилителя и RS-триггера на элементах 2И-НЕ. Те же схемы, вычерченные без учета особенностей этих устройств (рис. 225,*в*, *г*), читать намного труднее.

Как уже говорилось, соединения элементов на схемах показывают горизонтальными и вертикальными линиями электрической связи. Именно по этим направлениям наш взгляд движется легче всего, а это облегчает чтение схем. Условные графические обозначения элементов изображают на схемах в положениях, предусмотренных соответствующими стандартами ЕСКД (в этой книге они изображены именно так), либо, если это необходимо, поворачивают их на угол, кратный 90°. Исключение составляют схемы всевозможных мостов, которые строят в виде квадрата, поставленного на один из углов. В связи с этим условные обозначения элементов на таких схемах изображают повернутыми на угол 45°. В подобном начертании схемы мостов хорошо выделяются на фоне горизонтальных и вертикальных линий, что способствует быстрому их узна-

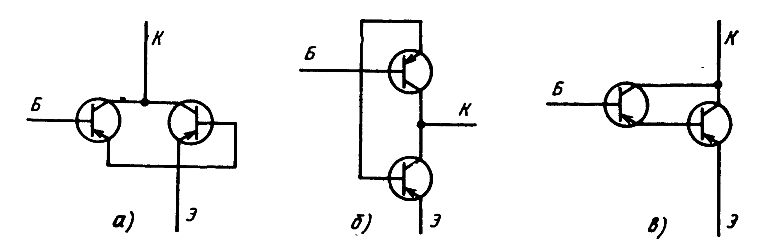


Рис. 224

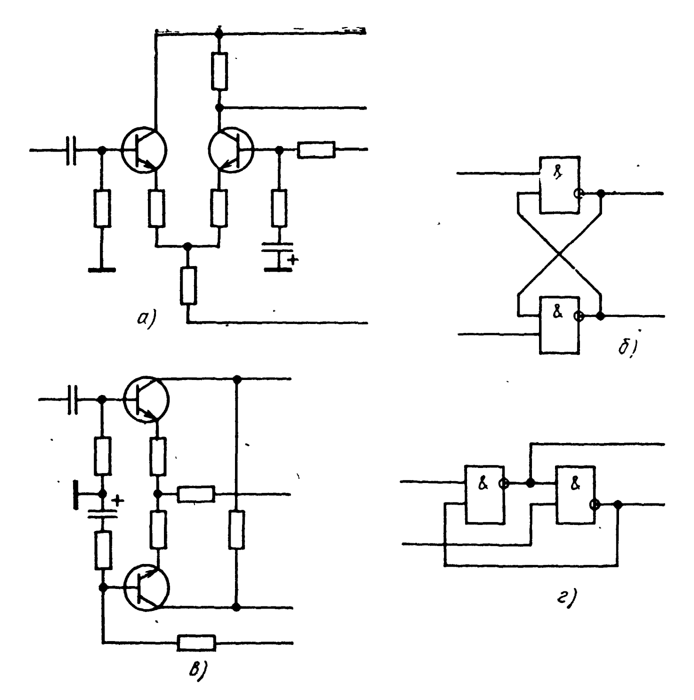


Рис. 225

ванию. В качестве примера на рис. 226 показана схема моста для измерения сопротивлений.

Нередко радиоэлектронное устройство содержит несколько элементов или функциональных групп, выполняющих одинаковые функции. В многопредельном вольтметре такими элементами являются добавочные резисторы, в многодиапазонном радиоприемнике — колебательные контуры разных диапазонов, в измерительном RC-генераторе сигналов — резисторы или конденсаторы частотозадающей цепи и т. д. Желая подчеркнуть их одинаковое назначение и тем облегчить чтение схемы, символы этих элементов и групп изображают одинаково и располагают в ряд по вертикали или горизонтали (рис. 227).

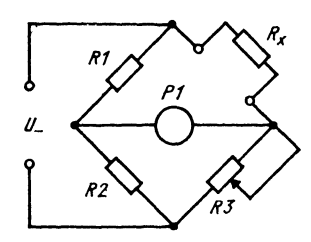


Рис. 226

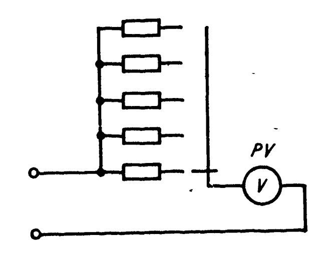


Рис. 227

Бывает и так, что в приборе имеется несколько одинаковых групп элементов, соединенных последовательно или параллельно. Чтобы не изображать все элементы, входящие, например, в многозвенный фильтр сосредоточенной селекции, высоковольтный выпрямитель из большого числа последовательно соединенных диодов, шунтированных резисторами, и т. д., на схеме показывают только крайние группы, а остальные заменяют штриховой линией (рис. 228). Во избежание потери пропущенных элементов при таком изображении групп позиционные цифровые обозначения указывают так, как если бы были изображены все элементы.

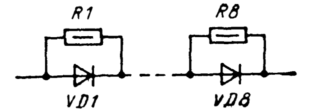


Рис. 228

Для современной радиотехники и электроники вообще характерна тенденция упрощать схемы. Так, на схемах устройств, содержащих большое число одинаковых функциональных групп элементов (усилителей, триггеров и т. д.), часто вычерчивают полностью только одну группу, заменяя остальные прямоугольниками из штрихпунктирных линий с соответствующим числом внешних связей (рис. 229).

При составлении и чтении схем исходят из того, что основную роль в преобразовании электрических сигналов в устройстве играют электровакуумные и полупроводниковые приборы и микросхемы. При изучении схемы глаза невольно задерживаются на символах этих изделий, внимательно рассматривают расположенные рядом и соединенные с ними символы других элементов и, только выяснив назначение каскада, переходят к следующему участку схемы. Иначе говоря, схемы читают покаскадно, и для того чтобы делать это было легче, каскады располагают обычно в порядке последовательности обработки или преобразования сигнала слева направо.

Для облегчения ориентирования в схеме такие цепи, как сигнальные, питания, смещения, а также символы элементов, выполняющих одинаковые функции в различных каскадах устройства, по возможности располагают на определенных установившихся уровнях. Так, цепи питания чертят вверху схемы, ниже располагают символы элементов развязывающих фильтров, анодных и

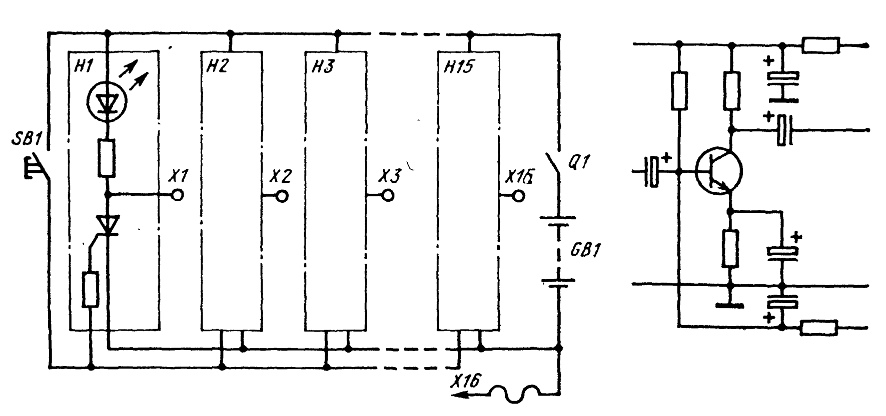


Рис. 229

Рис. 230

коллекторных нагрузок (рис. 230). В средней части помещают обозначения активных элементов (радиоламп, транзисторов, микросхем) и элементов цепей передачи сигнала от каскада к каскаду. Внизу располагают элементы катодных и эмиттерных цепей, цепи накала радиоламп, линии общего провода, знаки соединения с ним и элементы цепей управления.

Некоторые части устройства (источник питания, клавиатура электронного музыкального инструмента и т. п.) нередко имеют большое число связей с остальными. Если показать на схеме все эти связи, то выделить тот или иной каскад при изучении работы прибора будет нелегко. По этой причине цепи питания и некоторые другие цепи часто изображают не полностью, обрывая их поблизости от соответствующих функциональных групп, а чтобы было понятно, куда та или иная цепь подключена, обрывы линий связи заканчивают стрелками с указаиием места подключения (адреса). Так, надпись у оборванной линии связи «+5 В» означает, что цепь соединена с положительным полюсом источника с таким напряжением, надпись «К выводу 14 DD1» — что данный вывод источника питания соединен с выводом 14 микросхемы DD1 и т. д.

Схему, чрезмерно вытянутую в горизонтальном направлении, изучать трудно, часто требуется вернуться к уже рассмотренным участкам, а они отстоят далеко один от другого. В подобных случаях схему разбивают на части, помещая их одну под другой, в несколько этажей. Каждый предыдущий участок схемы заканчивают линиями связи со стрелками на концах и адресами мест подключения (например, «К R17», «К C24» и т. д.). Новый этаж начинают такими же линиями связи со стрелками, но с обратными адресами (указывают цепи предыдущего этажа). Аналогично поступают и в том случае, если схему приходится располагать на разных страницах книги или журнала.

В схемах устройств цифровой техники, которые и без того можно считать предельно лаконичными, в последнее время также используют приемы, позволяющие их еще более упростить. Так, если в группе логических или иных элементов, изображенных совмещенно (в виде колонки — см. рис. 231) и содер-

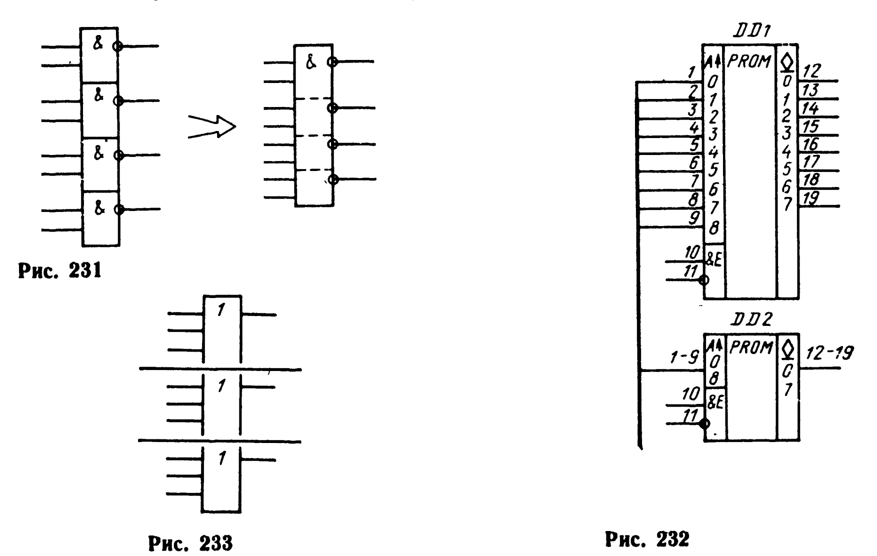


Рис. 231

Рис. 233

Рис. 232

жащих в основном поле частично или полностью одинаковую информацию, последнюю допускается помещать только в первом (верхнем) элементе. Условные обозначения элементов, к которым относится эта информация, отделяют один от другого штриховой линией.

Если устройство содержит несколько одинаковых элементов с большим числом выводов одного и того же функционального назначения, можно один из элементов начертить полностью, а остальные изобразить упрощенно, с меньшим числом выводов. В зоне сокращаемой группы выводов указывают одну под другой метки первого и последнего из них, а линии электрической связи объединяют в одну групповую. На рис. 232 показано, как, например, можно упростить изображение устройства памяти ЭВМ, состоящее из двух (DD1, DD2) микросхем ПЗУ с возможностью однократного программирования. Номера у выводов микросхем в данном случае условные, они лишь иллюстрируют способ их указания у выводов сокращаемых групп.

Цифровые и аналоговые микросхемы нередко содержат по несколько одинаковых устройств (логических элементов, операционных усилителей и т. д.). При разнесенном изображении на схеме принадлежность устройств к той или иной микросхеме указывают в позиционном обозначении (например, DA1.1, DA1.2, DA1.3 и т. д.).

Элементы цифровой техники, изображенные в одной колонке, допускается пересекать линиями электрической связи (рис. 233). Контурные линии условных обозначений отдельных элементов в этом случае вычерчивают не полностью. Расстояние между концами контурных линий и линией электрической связи должно быть не менее 1 мм.

Для облегчения монтажа и ремонта радиоэлектронной аппаратуры на интегральных микросхемах рядом с выводами условных обозначений, как правило, указывают их номера в соответствии с нумерацией выводов, принятой для того или иного конструктивного исполнения микросхем. Для примера на рис. 234 показано, как нумеруются выводы микросхем в некоторых наиболее распространенных пластмассовых (*а*), металлостеклянных (*б*) и металлокерамических (*в*) корпусах.

Заканчивая рассказ об основных правилах построения принципиальных электрических схем, на примерах нескольких конкретных радиоэлектронных устройств познакомимся с некоторыми общими для многих приборов узлами и

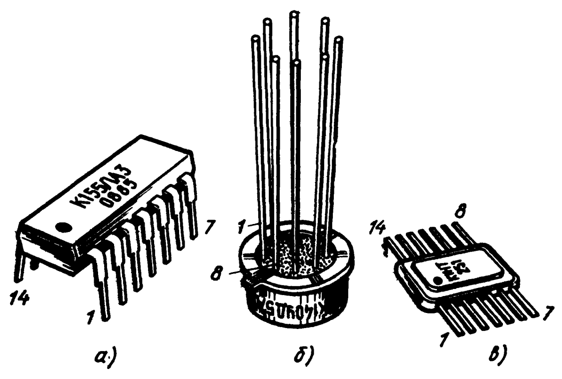


Рис. 234

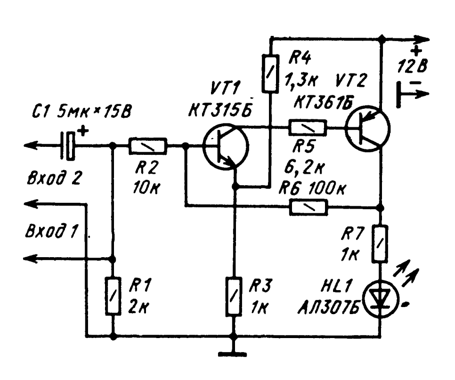


Рис. 235

теми сведениями, которые указывают на схемах для облегчения пользования ими.

На рис. 235 изображена принципиальная схема измерителя так называемого пикового уровня сигнала — порогового устройства, индицирующего превышение поданным на вход переменным напряжением звуковой частоты (ЗЧ) заданного уровня (значения). Его можно использовать для индикации максимально допустимой выходной мощности усилителя ЗЧ, превышения максимального уровня записи в магнитофоне и т. д. Как видно из схемы, устройство выполнено на двух транзисторах разной структуры: n-p-n (VT1) и p-n-p (VT2). Подлежащий контролю выходной сигнал усилителя мощности ЗЧ (с головки громкоговорителя или акустической системы) подают на вход 1 (конденсатор C1 и резистор P1 в этом случае исключают), сигнал из канала записи магнитофона — на вход 2. Нагрузкой устройства — собственно индикатором — служит светодиод H1, включенный в коллекторную цепь транзистора T2.

В исходном состоянии (сигнала на входе нет или он меньше порогового уровня — уровня срабатывания) оба транзистора устройства закрыты и светодиод не светится. В этом состоянии устройство находится до тех пор, пока амплитуда положительной полуволны контролируемого сигнала (а именно такую полярность на базе транзистора VT1 по отношению к эмиттеру оно должно иметь, чтобы транзистор открылся) не достигнет определенного значения. Это значение примерно на 0,6 В (напряжение открывания кремниевого транзистора) больше напряжения на эмиттере транзистора, которое задано делителем напряжения, состоящим из резисторов R4 и R3. При указанных на схеме сопротивлениях этих резисторов и напряжении питания 12 В это напряжение равно примерно 6 В. В момент, когда амплитуда входного напряжения превысит это значение, транзистор VT1 начнет открываться и в его коллекторной цепи появится ток, а поскольку он одновременно является и током базы транзистора VT2, последний также начнет открываться. Его коллекторный ток, протекая через резистор R7 и светодиод HL1, создаст на них падение напряжения, которое, как видно из схемы, приложено к базе транзистора VT1. Это приведет к увеличению его тока базы, и он откроется еще больше. Благодаря такой обратной связи (положительной) процесс будет протекать лавинообразно, поэтому очень скоро оба транзистора полностью откроются (а это значит, что падения напряжения на их участках эмиттер — коллектор резко уменьшатся), и светодиод HL1 ярко засветится (ток через него будет ограничивать только резистор R7).

При уменьшении входного напряжения процессы в устройстве протекают в обратном направлении и светодиод гаснет.

Если необходимо индицировать напряжение другого уровня (обозначим его как напряжение срабатывания $U_{ср}$), необходимо заново рассчитать сопротивление резистора R4. При сопротивлении резистора R3, указанном на

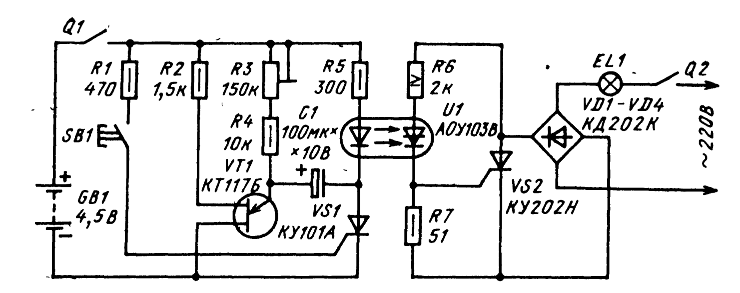


Рис. 236

схеме, и напряжении питания 12 В это можно сделать по формуле R4= =12/(Uср—0,6)—1.

Устройство, схема которого показана на рис. 236, представляет собой электронный выключатель, включающий нагрузку (например, осветительную лампу в кладовой, на лестничной площадке и т. д.) в момент нажатия на не фиксируемую в нажатом положении кнопку SB1 и автоматически выключающий ее по истечении нескольких минут (это позволяет экономить электроэнергию).

В устройстве можно выделить две части: управляющую и силовую. С целью повышения безопасности обращения с выключателем для связи этих частей применен фотодинисторный оптрон U1.

Управляющая часть устройства включает в себя светодиод оптрона, электронный ключ на тринисторе VS1 и реле выдержки времени на однопереходном транзисторе VT1. Времязадающие элементы (подстроечный резистор R3, постоянный резистор R4 и конденсатор C1) включены в его эмиттерную цепь. Питается эта часть устройства от батареи GB1 напряжением 4,5 В, подключаемой выключателем Q1.

Силовая часть автомата состоит из диодного моста VD1—VD4 в цепи нагрузки (лампа EL1), шунтирующего мост тринистора VS2 и фотодинистора оптрона U1 в цепи его управляющего электрода.

В исходном состоянии (при замкнутых контактах выключателей Q1 и Q2) транзистор VT1 и тринисторы VS1, VS2 закрыты, ток через диодный мост не течет, и лампа не горит. В момент нажатия на кнопку SB1 в цепи управляющего электрода тринистора VS1 возникает ток (его ограничивает резистор R1) и он мгновенно открывается, замыкая цепь питания светодиода оптрона U1. Зажигание светодиода (ток через него ограничивает резистор R5) приводит к открыванию фотодинистора оптрона, и через делитель напряжения, состоящий из резисторов R6, R7, начинает протекать ток. Падение напряжения на резисторе R7 открывает тринистор VS2, и тот своим небольшим сопротивлением шунтирует диодный мост, замыкая тем самым цепь питания осветительной лампы EL1.

Одновременно с включением тринистора VS1 от батареи GB1 через резисторы R3, R4 начинает заряжаться конденсатор C1. По мере зарядки напряжение на нем (или, что то же самое, на переходе эмиттер — база 1 транзистора VT1) растет и через несколько минут транзистор открывается, а конденсатор оказывается подключенным к аноду и катоду тринистора VS1. Поскольку напряжение на конденсаторе имеет закрывающую для него полярность (плюс — на катоде, минус — на аноде), тринистор мгновенно закрывается, выключая светодиод оптрона. В результате лампа EL1 гаснет, и устройство готово к следующему

включенню. В режиме ожидания, иесмотря на то, что эмиттер транзистора соединен с источником питания, открывания перехода не происходит, так как ток через него, ограниченный резисторами R3, R4, для этого недостаточен.

Выдержку времени (т. е. время зарядки конденсатора C1 до напряжения включения однопереходного транзистора) регулируют подстроечным резистором R3. При указанных на схеме тнпах диодов и тринистора VS2 устройство может коммутировать иагрузку мощностью до 1 кВт (например, 25 ламп по 40 Вт каждая).

На рис. 237 приведена схема автоматического устройства, переводящего магнитофон, в который оно встроено, в режим «Стоп» при обрыве или окончании ленты иа катушке нли в кассете. Автомат (подобные устройства называют автостопами) состоит из датчика вращения подающего (в катушечном магнитофоне) илн приемного (в кассетном) узла (миниатюрная лампа иакаливания EL1 и фотодиод VD1), формирователя импульсов сброса (транзистор VT1 и включенные инверторами элементы DD1.1, DD1.2 микросхемы DD1), генератора импульсов (DD1.3, DD1.4), счетчика этих импульсов (DD2), усилителя постоянного тока (VT2) и электромагнитного реле K1 с тринистором VS1 в цепи питания его обмотки.

Датчик вращения контролируемого узла магнитофона представляет собой закрепленный на нем диск с восемью отверстиями, с одной стороны которого установлена лампа накаливаиия EL1, а с другой — фотоднод VD1.

Генератор, собранный на включенных инверторами элементах 2И—НЕ DD1.3, DD1.4 (их входы соединены вместе), представляет собой несимметричный мультивибратор (выход первого элемента соединен с входом второго непосредственно, а выход второго с входом первого — через коиденсатор C2). Благодаря такой положительной обратной связи и резисторам R3, R6, создающим местную отрицательную обратную связь и выводящим элементы в линейный режим работы, в устройстве возникают автоколебания, частота которых определяется емкостью конденсатора C2 и сопротивлеииями резисторов R3, R6. В данном случае ее можно регулировать подстроечным резистором R6. Необходимая для своевременного срабатывания автостопа частота колебаний геиератора — 4 ... 5 Гц.

Работает устройство так. При включении питания (оно подается на него одновременно с переводом магнитофона в тот или иной рабочий режим) генератор на элементах DD1.3, DD1.4 начинает вырабатывать импульсы с частотой следования 4 ... 5 Гц. Эти импульсы поступают на соединенные вместе счетные входы счетчика DD2. Установочные же входы R этой микросхемы соединены с

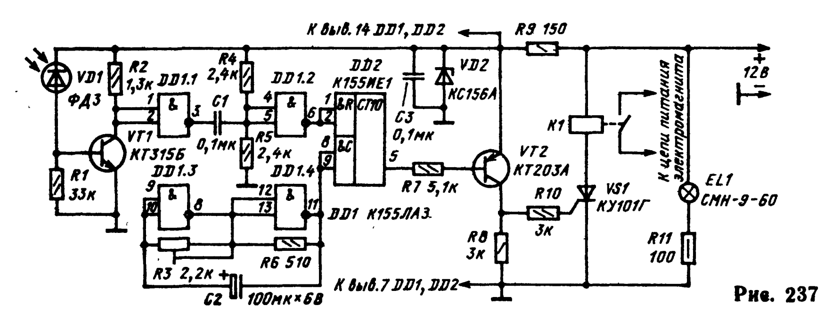


Рис. 237

выходом инвертора DD1.2. В исходном состоянии (до начала вращения контролируемого узла магнитофона) напряжение на его соединенных вместе входах, заданное делителем напряжения, состоящим из резисторов R4, R5, соответствует логической 1, поэтому на входах R счетчика DD2 устанавливается необходимое для его нормальной работы напряжение логического 0.

С началом вращения узла световой поток от лампы накаливания EL1 к фотодиоду VD1 начинает прерываться перфорацией на диске датчика. По этой причине ток через делитель напряжения, образованный обратным сопротивлением фотодиода VD1 и резистором R1, а вместе с ним и ток в цепи базы транзистора VT1 начинают периодически возрастать и убывать, заставляя транзистор открываться и закрываться. С такой же частотой начинает колебаться коллекторный ток транзистора, а напряжение на входах элемента DD1.1 — периодически возрастать до напряжения питания и спадать почти до нуля. В результате на выходе инвертора DD1.1 появляются импульсы прямоугольной формы. Пройдя через дифференцирующий конденсатор C1 и инвертор DD1.2, они превращаются в короткие импульсы положительной полярности, периодически устанавливающие счетчик DD2 в нулевое состояние. При работе магнитофона это происходит довольно часто — после каждых 1—2 импульсов генератора, поступивших на счетные входы (это число соответствует наименьшей частоте вращения контролируемого узла, когда рулон ленты имеет максимальный диаметр). Благодаря этому на выходе счетчика поддерживается высокий логический уровень, транзистор VT2 закрыт и реле K1 обесточено.

При остановке рулона с лентой модуляция светового потока лампы EL1 прекращается, и на входе инвертора DD1.2 устанавливается напряжение логической 1, а на его выходе и, следовательно, на входах R счетчика DD2 — логического 0. В результате счетчик начинает считать импульсы, поступающие с генератора на элементах DD1.3, DD1.4, и через некоторое время (в момент прихода 10-го импульса) на его выходе появляется импульс отрицательной полярности, открывающий транзистор VT2. Положительный перепад напряжения, возникший при этом в его коллекторной цепи, открывает тринистор VS1, и тот замыкает цепь питания обмотки реле K1. Срабатывая, оно включает своими контактами электромагнит, переводящий магнитофон в режим «Стоп».

Питается устройство от источника напряжения 12 В магнитофона: реле K1 и лампа EL1 — непосредственно, а транзисторы VT1, VT2 и микросхемы DD1, DD2 — через параметрический стабилизатор на стабилитроне VD2 и резисторе R9. Цепи питания микросхем на схеме не показаны. О том, как они подключены к источнику стабилизированного напряжения, говорят линии со стрелками, возле которых указаны соответствующие номера выводов микросхем.

В заключение рассмотрим схему приемника прямого усиления, приведенную на рис. 238. Он предназначен для громкоговорящего приема передач радиовещательных станций, работающих в длинноволновом (ДВ) и средневолновом (СВ) диапазонах, на магнитную антенну WA1. Кроме нее, он содержит двухкаскадный усилитель радиочастоты (РЧ) на транзисторах VT1, VT2, детекторный каскад на диодах VD1, VD2 и четырехкаскадный усилитель звуковой частоты (ЗЧ) на транзисторах VT3 — VT7. Питается приемник от батареи GB1, подсоединяемой к нему через разъемный соединитель X1 и выключатель Q1, механически связанный с регулятором громкости — резистором R12.

Радиоволны создают в магнитопроводе магнитной антенны магнитный поток, и в ее катушках L1 и L2 возникает ЭДС, которую можно подать на вход

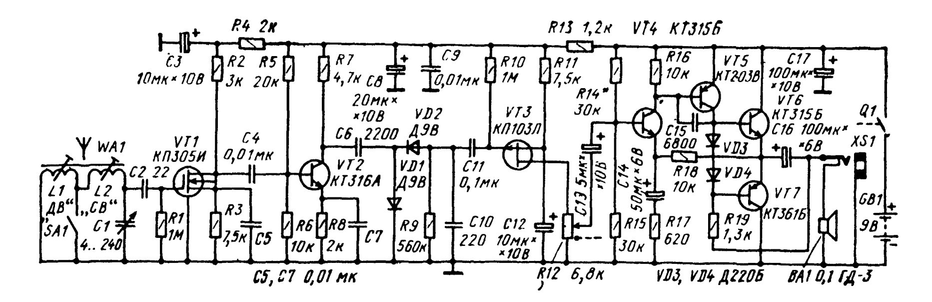


Рис. 238

приемника для усиления и преобразования в колебания ЗЧ. На частоты радиостанций приемник настраивают конденсатором переменной емкости C1, включенным параллельно катушкам. В диапазоне ДВ используются обе катушки, в диапазоне СВ — только катушка L2, а катушка L1 замыкается накоротко переключателем диапазонов SA1.

Колебания РЧ, возникшие в контуре, образованном катушками и конденсатором переменной емкости C1, при настройке на ту или иную радиостанцию, очень малы и недостаточны для нормальной работы детектора, поэтому их необходимо усилить. Резонансное сопротивление контура на частоте настройки составляет сотни килоом, и чтобы его существенно не снизить и тем самым не ухудшить избирательные свойства приемника (способность отстраиваться от соседних по частоте радиостанций), входное сопротивление усилителя РЧ должно быть в несколько раз больше. Этому требованию в полной мере отвечает каскад усиления на полевом транзисторе с изолированным затвором VT1. Ток затвора такого транзистора измеряется единицами наноампер (1 нА = $=10^{-9}$ А), поэтому входное сопротивление каскада на транзисторе VT1 фактически равно сопротивлению резистора R1 (1 МОм).

Напряжение РЧ с катушки L2 контура магнитной антенны поступает на затвор транзистора VT1 через конденсатор C2. Вместе с резистором R1 он образует делитель напряжения РЧ, поэтому во избежание существенных потерь сигнала его емкость должна быть такой, чтобы на самой низкой частоте диапазона ДВ емкостное сопротивление конденсатора было намного меньше сопротивления резистора. В нашем случае самая низкая частота равна 150 кГц, а сопротивление резистора — 1 МОм, поэтому емкостное сопротивление конденсатора C2 должно быть не более нескольких десятков килоом. Этому требованию удовлетворяет конденсатор емкостью 20...25 пФ (сопротивление на указанной частоте — около 50 кОм).

Несколько слов о режиме работы полевого транзистора по постоянному току. Для того чтобы он усиливал РЧ сигнал без искажений, через его канал должен протекать некоторый ток покоя, а между истоком и стоком должно быть приложено напряжение не менее нескольких вольт. Для создания такого режима работы между затвором и истоком необходимо приложить небольшое отрицательное (по отношению к истоку) напряжение смещения. В данном случае это получается автоматически за счет падения напряжения на резисторе R3, включенном в цепь истока. По отношению к общему проводу приемника (т. е. проводу, соединенному с отрицательным полюсом батареи питания GB1) оно имеет положительную полярность, но поскольку затвор транзистора тоже со-

единен с этим проводом (через резистор R1), то к затвору оно приложено к отрицательной полярности, что и необходимо.

Следует отметить, что резистор R3 не только создает требуемый режим работы полевого транзистора VT1, но и стабилизирует его. Например, если по какой-либо причине ток через канал возрастет, увеличится и падение напряжения на резисторе R3, а значит, и отрицательное напряжение смещения на затворе, т. е. в результате исходный режим работы восстановится. При уменьшении тока через канал процессы протекают в противоположном направлении, приводя к тому же результату.

Ток стока полевого транзистора создает падение напряжения на резисторах R2, R4 и R13, поэтому между его истоком и стоком действует напряжение, равное разности между напряжением батареи питания GB1 и суммой падений напряжений на указанных резисторах (в действительности через резистор R13 протекают еще и токи транзисторов VT2 и VT3, поэтому на нем падает несколько большее напряжение). При токе через канал транзистора VT1 около 0,5 мА эта разность составляет примерно 3 В, а это значит, что транзистор работает на линейном участке характеристики, где изменение напряжения между истоком и стоком не влияет на ток через канал.

При поступлении на затвор транзистора колебаний РЧ напряжение между ним и истоком начинает изменяться в такт с этими колебаниями, вызывая значительные изменения тока через канал. В результате на резисторе R2 возникает усиленное напряжение РЧ (о том, почему такое напряжение не выделяется на резисторах R4 и R13, см. далее), которое можно передать на следующий каскад. Но то же самое будет происходить и в цепи истока — на резисторе R3, если его не шунтировать конденсатором C5. При отсутствии этого конденсатора переменное напряжение РЧ, создаваемое током истока на резисторе R3, будет стремиться уменьшить изменения напряжения РЧ на затворе (т. е. возникнет отрицательная обратная связь), поэтому усиление каскада будет небольшим. Для исключения (или, по крайней мере, ослабления) этой обратной связи параллельно резистору R3 и включен конденсатор C5. Его емкость выбрана таким образом, что даже на самой низкой частоте диапазона (150 кГц) его емкостное сопротивление (около 1 кОм) намного меньше сопротивления резистора R3, и отрицательная обратная связь по переменному току оказывается значительно ослабленной.

Со стока транзистора VT1 усиленный сигнал РЧ поступает на вход следующего усилительного каскада через разделительный конденсатор C4. Поскольку нагрузкой первого каскада являются резистор R2 и входное сопротивление второго, составляющее всего лишь несколько килоом, к емкости этого конденсатора предъявляются иные требования, чем к емкости конденсатора C2. Чтобы уменьшить потери сигнала на конденсаторе C4, образующем вместе с входным сопротивлением второго каскада делитель напряжения, его емкостное сопротивление на низшей частоте диапазона должно быть не более 100... 150 Ом. Этому требованию отвечает конденсатор емкостью 0,01 мкФ.

Режим работы транзистора VT2 по постоянному току определяется резисторами R5, R6 и R8. Первые два из них образуют делитель напряжения питания каскада (напряжение батареи GB1 за вычетом падения напряжения на резисторе R13). Их сопротивления выбраны таким образом, что на базе транзистора VT2 относительно общего провода действует напряжение, равное одной трети напряжения питания каскада. Ток эмиттера, протекая через резистор R8,

создает на нем падение напряжения, плюс которого приложен к эмиттеру, несколько меньшее (на 0,6 ... 0,7 В), чем паденне напряжения на резисторе R6. В результате к эмиттерному переходу транзистора приложено напряжение, равное разности падений напряжений на резисторах R6 и R8. Это и есть напряжение смещения.

При изменении тока эмиттера (например, под действнем температуры) изменяется и паденне напряжения на резисторе R8, а поскольку иапряжение на резисторе R6 определяется только напряжением источника питания, то в результате изменнтся и напряжение смещения. Это, в свою очередь, вызовет изменение тока базы и связанное с ним изменение тока эмиттера, причем в такую сторону, что нарушенный режим работы восстановится. Другими словами, резисторы R5, R6 и R8 также не только определяют режим работы транзистора, но и стабилизируют его.

Ток коллектора, который меньше тока эмиттера на величину тока базы, создает падение напряжения на резисторе R7, поэтому между эмиттером и коллектором действует напряжение, равное разности напряжения питания каскада и суммы падений напряжений на резисторах R7 и R8. При токе коллектора около 0,7 ... 0,8 мА это напряжение равно 2 ... 2,5 В, а это означает, что транзистор работает на линейном участке характеристики.

При подаче на базу транзистора колебаний РЧ напряжение между ней и эмиттером изменяется в такт с этими колебаниями, вызывая изменение тока базы. Это, в свою очередь, вызывает усиленные во много раз изменения коллекторного тока, в результате чего иа резисторе R7, помимо постоянного, появляется и переменное напряжение.

С целью устранения отрицательной обратной связи по переменному току резистор R8 в цепи эмиттера транзистора VT2 шунтирован конденсатором C7, емкость которого выбрана из тех же соображений, что и конденсатора C5.

Сигнал, усиленный вторым каскадом, с коллектора транзистора VT2 поступает на детекторный каскад, выполненный по так называемой схеме удвоения выпрямленного напряжения иа диодах VD1, VD2, резисторе R9 и конденсаторах C6, C10. Емкость первого из них выбрана из тех же соображений, что и конденсаторов C2, C4 (с учетом входного сопротивления детекторного каскада, составляющего сотни килоом), а второго — такой, чтобы для токов РЧ его емкостное сопротивление было намного меньше сопротивления резистора нагрузки детектора R9 (иначе колебания РЧ попадут на вход усилителя ЗЧ и могут привести к самовозбуждению приемника), а для токов ЗЧ — намиого больше сопротивления этого резистора, чтобы не шунтировать его на высших частотах диапазона ЗЧ. Этим требованиям удовлетворяет конденсатор емкостью несколько сотен пикофарад, если сопротивление резистора составляет несколько сотен килоом.

С резистора R9 напряжение ЗЧ подается на вход первого каскада усиления, который выполнен на полевом транзисторе с p-n переходом н каналом p-типа VT3. Его иное (по сравнению с транзистором VT1) включение обусловлено тем, что транзистор с p-каналом требует другой полярности напряжений на стоке и затворе. Необходимый режим работы траизистора создается автоматически, за счет включения резистора R11 в цепь истока и соединения затвора с общим проводом (для этого транзистора общий провод тот, который соединен с плюсом источника питания). Отрицательиую обратную связь по переменному току ЗЧ ослабляет конденсатор C12, емкостное сопротивление кото-

рого на низших звуковых частотах, воспроизводимых примененной головкой громкоговорителя (400 ... 450 Гц), составляет всего лишь несколько десятков ом. Емкость разделительного конденсатора C11 выбрана с учетом того, что входное сопротивление каскада на транзисторе VT3 равно 1 МОм (резистор R10).

В цепь стока транзистора VT3 включен переменный резистор R12, выполняющий функции регулятора громкости. Усиленное напряжение 3Ч с его движка поступает на вход следующего каскада усиления (VT4) через оксидный конденсатор C13, емкость которого выбрана с учетом того, что входное сопротивление этого каскада невелико. Режим работы транзистора VT4 создается примерно так же, как и транзистора VT2. Отличие состоит только в том, что его эмиттерная цепь подключена не к общему проводу приемника, а к выходу усилителя 3Ч — соединенным вместе эмиттерам транзистором VT6, VT7. Это создает отрицательную обратную связь по постоянному току, стабилизирующую режим работы последних трех каскадов усилителя 3Ч.

Выход второго каскада связан с входом следующего без разделительного конденсатора — коллектор транзистора VT4 непосредственно соединен с базой транзистора VT5. Сделано это для того, чтобы обеспечить стабилизирующее действие указанной обратной связи по постоянному току. Напряжение смещения на базе транзистора VT5 (для него, как и для транзистора VT3, общий провод — положительный полюс источника питания) создается коллекторным током транзистора VT4, протекающим через резистор R16. Нагрузкой транзистора V5 служат резистор R19 и включенные в прямом направлении диоды VD3, VD4 (как отмечалось, при таком включении на каждом из них создается падение напряжения около 0,6 ... 0,8 В, которое относительно мало зависит от значения тока). Падение напряжения на диодах используется в качестве напряжения смещения эмиттерных переходов транзисторов VT6, VT7 разной структуры, работающих в двухтактном выходном каскаде усилителя 3Ч.

Как видно из схемы, транзисторы выходного каскада включены последовательно, нагрузка — динамическая головка громкоговорителя BA1 — подключена к их эмиттерам через контакты гнезда X1 и оксидный конденсатор большой емкости C16. При таком включении (его называют включением по схеме общего коллектора, так как нагрузка помещена в эмиттерную цепь) транзисторы VT6, VT7 не усиливают напряжения сигнала (он усиливается только по току).

Работает каскад так. В моменты, когда напряжение 3Ч на коллекторе транзистора VT5 имеет положительную (по отношению к общему проводу) полярность, возрастают коллекторный и эмиттерный токи транзистора VT6, а транзистор VT7 закрывается. В моменты же, когда напряжение 3Ч изменяет полярность на обратную, закрывается транзистор VT6, а усиливает сигнал транзистор VT7. Таким образом, транзисторы работают по очереди, как бы на два такта (отсюда и название каскада).

Вообще говоря, транзисторы двухтактного каскада могут работать и без напряжения смещения, т. е. с нулевым током покоя (так называемый режим B), однако поскольку при малых напряжениях 3Ч (меньше 0,6 ... 0,7 В) они в этом случае будут закрыты, выходной сигнал будет сильно искажен (искажения типа «ступенька»). Чтобы уменьшить такие искажения, на эмиттерные переходы надо подать небольшое напряжение смещения, приоткрывающее транзисторы в отсутствие сигнала. Такое напряжение создается на диодах VD3, VD4.

Усилительные каскады на транзисторах VT4 — VT7 охвачены цепью общей отрицательной обратной связи по переменному току, напряжение которой подается с выхода усилителя ЗЧ в цепь эмиттера транзистора VT4 через делитель, образованный резистором R18 и цепью R17, C14. Обратная связь уменьшает общее усиление охваченных ею каскадов, но во столько же раз снижает и вносимые ими нелинейные искажения. Для того чтобы эта связь действовала во всем рабочем диапазоне ЗЧ, емкость конденсатора C14 выбрана довольно большой (его емкостное сопротивление на частоте 450 Гц — не более десятка ом, что во много раз меньше сопротивления резистора R17).

Как видно из схемы, коллекторная цепь транзистора VT5 соединена с отрицательным полюсом источника питания не непосредственно, а через головку громкоговорителя. Сделано это не случайно. При таком включении напряжение питания коллекторной цепи транзистора VT5 складывается из напряжения батареи GB1 и выходного напряжения сигнала на головке, амплитуда которого может достигать (при максимальном сигнале) примерно половины напряжения источника питания. Иными словами, напряжение питания этого каскада при подключении резистора R19 к головке BA1 возрастает при работе примерно в 1,5 раза. В результате увеличивается напряжение сигнала на базах транзисторов VT6, VT7, а следовательно, и выходная мощность усилителя ЗЧ.

Вот в основном и все, что можно сказать о приемнике, внимательно рассматривая и анализируя его схему. Правда, осталось еще несколько элементов, на первый взгляд, не имеющих прямого отношения к его работе. Это резисторы R4, R13 и конденсаторы C3, C8, C9, C15 и C17. Однако без них приемник будет работать плохо, и вот почему. Все токи, текущие в его цепях (и постоянные, и переменные), замыкаются через батарею питания GB1, создавая на ее внутреннем сопротивлении падения напряжения. В результате токи одних каскадов взаимодействуют с токами других, а это может явиться причиной их самовозбуждения. Чтобы уменьшить сопротивление этой общей цепи, батарею шунтируют конденсатором большой емкости (C17), имеющим малое емкостное сопротивление для всех токов. Роль этого конденсатора возрастает при разрядке батареи, когда ее внутреннее сопротивление увеличивается.

Для уменьшения вероятности самовозбуждения приемника служат и резисторы R4, R13 с конденсаторами C3, C8, C9. Они образуют фильтры, препятствующие прониканию токов РЧ в цепи питания каскадов усиления ЗЧ и токов ЗЧ в цепи усилителей РЧ. Емкость конденсаторов C3, C8 выбрана так, чтобы их емкостное сопротивление на частотах звукового диапазона было намного меньше сопротивлений резисторов R4, R13. Благодаря этому, токи РЧ и ЗЧ замыкаются через общий провод, минуя батарею и отделенные фильтрами каскады приемника.

Конденсатор C15 предотвращает самовозбуждение усилителя ЗЧ на высших частотах этого диапазона. Как видно, он включен между коллектором и базой транзистора VT5, поэтому создает так называемую параллельную отрицательную обратную связь по переменному напряжению. Такая обратная связь уменьшает усиление третьего каскада с ростом частоты сигнала, чем и обеспечивается повышение стабильности работы усилителя на высших частотах.

Как и в ранее рассмотренном случае, знак «*» у позиционного обозначения резистора R14 говорит о том, что он подборный. Его подбирают при налаживании, добиваясь напряжения на эмиттерах транзисторов VT6, VT7, равного примерно половине напряжения питания.

СОДЕРЖАНИЕ

75 к.



Язык радиосхем

Издательство «Радио и связь»